

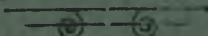
1694

PODRĘCZNIKI TECHNICZNE.

---

PROJEKTOWANIE  
niewielkich urządzeń  
OŚWIETLENIA ELEKTRYCZNEGO  
I PRZENOSZENIA SIŁY.

UŁOŻYŁ  
Inż. Mieczysław Pożaryski.



WYDAWNICTWO STANISŁAWA ROTWANDA.

Skład główny  
w Szkole Technicznej H. Wawelberga i S. Rotwanda,  
Mokotowska 6.

Warszawa 1911 r.

Druk Piotra Ambroziewicza, Jaana 8.

*Z księgozbioru*

Inż. Zygmunta Lepperta

*Dział* X

*Grupa* D *Nr* 15

*Nr ogól. kat.* 1584

PODRĘCZNIKI TECHNICZNE.

---

# PROJEKTOWANIE

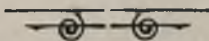
niewielkich urządzeń

# OŚWIETLENIA ELEKTRYCZNEGO

## I PRZENOSZENIA SIŁY.

UŁOŻYŁ

Inż. Mieczysław Pożaryski.



621.32 (083.9)

WYDAWNICTWO STANISŁAWA ROTWANDA.

Skład główny  
w Szkole Technicznej H. Wawelberga i S. Rotwanda,  
Mokotowska 6.

Warszawa 1911 r.



1894

WYSTAWA PRAC I KRYTYCZNEGO

WYSTAWA PRAC I KRYTYCZNEGO

WYSTAWA PRAC I KRYTYCZNEGO

Druk Piotra Ambroziewicza, Jasna 8

WYSTAWA PRAC I KRYTYCZNEGO



## Sprostowania i uwagi.

- strona 26, wiersz 32 od góry, zamiast P powinno być p.
- „ 26 „ 34 „ „ „  $\frac{m}{\text{sek}}$  „ „  $\frac{m}{\text{sek}^2}$
- „ 68 na rys. 14 amperomierz z prawej strony u góry powinien być oznaczony przez A<sub>1</sub>.
- „ 76 „ 2 od dołu, dodać: „a czasem nawet poczwórny“.
- „ 81 „ 6 od góry, Uwaga: spadek napięcia w odgałęzieniach od tabliczek oblicza się według wzoru drugiego na stronie 81, przyjmując jako licznik ułamka w części drugiej równania summe podwójnych iloczynów odgałęzionych prądów przez odległość miejsc odgałęzienia do tabliczki rozdzielczej.
- „ 86 „ 12 od góry, dodać: „na spadek napięcia oblicza się także sieć silników patrz str. 94.
- „ 93 na rys. 28 brak u dołu z lewej strony liczby 147, 45.
- „ 96 uwaga do wzoru na tej stronie: „i jest to prąd w lampach połączonych w trójkąt; prąd w przewodnikach głównych jest i V<sub>3</sub>.”
- „ 99 na rys. 32 z lewej strony zamiast: i (r<sub>1</sub>”-r<sub>2</sub>”-r<sub>3</sub>”) winno być: i (r<sub>1</sub>”+r<sub>2</sub>”+r<sub>3</sub>”).
- „ 102 „ 2 od góry, wzór powinien być: 
$$c = \frac{0,012 \cdot k \cdot l}{\lg \left[ \frac{2a}{r} \frac{R^2 - a^2}{R^2 + a^2} \right]} \cdot 10^{-9}$$
- „ 109 „ 22 od dołu, Uwaga: wyrażenie „usunięte z użycia“ należy rozumieć: „zakazane przez przepisy Związku niemieckich elektrotechników.
- „ 109 „ 7 od dołu, Uwaga: stosowanie przewodników bez gumy do omawianego użytku jest u nas w Warszawie stanowczo zakazane.
- „ 111 „ 7 od dołu, dodać: nad drogami 7 m.
- „ 114 „ 17 od góry, dodać: po słowie „zawieszać“: „na słupach stojących po obydwóch stronach drogi“.
- „ 115 „ 3 od dołu, Uwaga: konieczne są rurki na takiej wysokości, na jakiej jest potrzebne zabezpieczenie przewodników od mechanicznych uszkodzeń.

- strona 116 wiersz 4 od dołu, dodać: lub papierowej opancerzonej.
- „ 116 „ 6 od dołu, patrz: uwaga do str. 115.
- „ 117 Uwaga do tablicy: „u nas w Warszawie zwykle zamiast rurek o śr. 13,5 mm. używają rurek o średnicy 16 mm. i nie-prowadzą drutów pod tynkiem w oddzielnych rurkach, stosując te same rurki co na tynku.
- „ 118 Uwaga co do przewodników prowadzących prąd zmienny, ułożonych w rurkach metalowych lub z metalowym pancierzem: „przewodniki te powinny być tak ułożone, aby geometryczna summa prądów w przewodnikach, znajdujących się w jednej rurce, równała się w miarę możliwości zeru, w celu uniknięcia prądów wirowych w warstwie metalu.
- „ 128 Co znaczą wskazane tu typy akumulatorów wyjaśnia tablica na str. 36.
-

## SPIS RZECZY.

	Str.
Wstęp.	3
Rozdział I.	Wybór rodzaju i napięcia prądu . . . . . 7
Rozdział II.	Określenie wielkości oświetlenia . . . . . 7
Rozdział III.	Wybór lamp i rozmieszczenie . . . . . 10
	1. Wzory matematyczne . . . . . 10
	2. Stosowanie wzorów . . . . . 11
	3. Lampy żarowe . . . . . 12
	4. Lampy łukowe . . . . . 14
Rozdział IV.	Wybór silników elektrycznych . . . . . 24
	1. Silniki do podnośników i dźwigów . . . . . 26
	2. Silniki do pomp . . . . . 28
	3. Silniki do przewietrzników . . . . . 28
	4. Silniki dla warsztatów mechanicznych . . . . . 30
Rozdział V.	Elektrownia . . . . . 31
	1. Wyznaczenie obciążenia elektrowni . . . . . 31
	2. Określenie mocy i rodzaju dynamoma- szyn i akumulatorów w elektrowni . . . . . 34
	3. Wybór silników poruszających dyna- momaszynę . . . . . 40
	Kotły parowe . . . . . 43
	Silniki parowe . . . . . 43
	Silniki spalinowe . . . . . 46
	Silniki wodne . . . . . 48
	Silniki wietrzne . . . . . 49
	4. Plan elektrowni . . . . . 50
	Kotłownia . . . . . 51
	Sala maszyn . . . . . 55
	Pokój dla akumulatorów . . . . . 63
	5. Tablica rozdzielcza . . . . . 63
Rozdział VI.	Wybór transformatorów . . . . . 73
Rozdział VII.	Sieć . . . . . 74
	1. Ogólny układ sieci . . . . . 74
	2. Określenie obciążenia sieci . . . . . 75
	3. Wybór przekroju przewodników . . . . . 75
	Wybór przekroju przewodników na wytrzymałość . . . . . 76



	Wybór przekroju przewodników na ogrzewanie . . . . .	76
	Wybór przekroju przewodników na spadek napięcia przy prądzie stałym	80
	Przykład . . . . .	87
	Wybór przekroju przewodników na spadek napięcia przy prądzie zmiennym . . . . .	95
	Przykład . . . . .	97
	Wybór przekroju przewodników na stratę energii . . . . .	100
	Pojemność i samoindukcja przewodników . . . . .	101
	Przykłady . . . . .	102
	4. Wybór rodzaju izolacji przewodników	107
	5. Zawieszenie i umocowanie przewodników	110
	Przewodniki gołe i haketalowskie . . . . .	110
	Kable . . . . .	115
	Przewodniki izolowane wewnątrz budynków . . . . .	115
	6. Wybór bezpieczników, wyłączników i kontaktów ściennych. . . . .	119
	7. Oznaczenia na planach . . . . .	122
Rozdział VIII.	Kosztorys budowy . . . . .	124
	1. Budynki . . . . .	124
	2. Silniki . . . . .	124
	3. Dynamomaszyny . . . . .	126
	4. Akumulatory . . . . .	128
	5. Transformatory . . . . .	128
	6. Tablice rozdzielcze . . . . .	129
	7. Przewodniki . . . . .	129
	8. Izolatory porcelanowe, konstrukcye żelazne i słupy . . . . .	132
	9. Rurki izolacyjne i części do umocowania . . . . .	133
	10. Dane ogólne co do kosztów urządzenia sieci . . . . .	134
	11. Koszt tabliczek rozdzielczych . . . . .	134
	12. Silniki elektryczne . . . . .	136
	13. Koszt ustawiania. . . . .	138
	14. Roboty dodatkowe . . . . .	139
Rozdział IX.	Obliczenie kosztów prowadzenia urządzenia oświetlenia elektrycznego i przenoszenia siły . . . . .	140



1.	Oprocentowanie kapitału . . . . .	140
2.	Amortyzacja . . . . .	140
3.	Wydatki na naprawy . . . . .	141
4.	Opał do silników parowych . . . . .	141
5.	„ „ „ gazu ssanego . . . . .	143
6.	„ „ „ pracujących gazem światlnym . . . . .	143
7.	Opał do silników z paliwem ciekłym	143
8.	Woda i smar . . . . .	144
9.	Ceny opału i smaru . . . . .	145
10.	Woda i kwas do akumulatorów . . . . .	145
11.	Lampki żarowe . . . . .	145
12.	Węgle do lamp łukowych . . . . .	146
13.	Koszt obsługi . . . . .	148
	Spis rzeczy alfabetyczny . . . . .	149





## Przedmowa.

Szereg wskazówek i danych do projektowania urządzeń elektrycznych zebrałem częściowo z podręczników i przepisów niemieckich, korzystając z wydawnictw następujących: Fritz Hoppe „Wie stellt man Projekte, Kostenanschläge und Betriebskostenberechnungen für elektrische Licht und Kraftanlagen auf? — wydanie piąte; Tablice wymiarów elektrowni, wydane przez profesora Sengl'a w Darmstadt'cie; F. Uppenborn „Deutscher Kalender für Elektrotechniker“ rok 1911; G. Dettmar, „Normalien, Vorschriften und Leitsätze des Verbandes Deutscher Elektrotechniker“—wydanie piąte; F. Hefner „Системы распределения тока и расчеты электрических сетей” (tłomaczenie rosyjskie oryginału niemieckiego) 1909 r.

Pozatem niektóre uwagi i liczby podałem na podstawie doświadczenia własnego i moich kolegów, którzy uprzejmie udzielili mi rozmaitych danych z praktyki. Wyrażam im tutaj za to wielką wdzięczność.

Wybierałem materiał do tego podręcznika, mając na względzie urządzenia, najczęściej spotykane w miejscowej praktyce; ograniczałem go, starając się wydać rzecz możliwie krótką, łatwą do użytkowania i taną, a przez to przystępną dla techników ze średnim wykształceniem i dla początkujących inżynierów.

Zwracam uwagę że ceny i wymiary maszyn i przyrządów są podane w zaokrągleniu i nie stosują się do jakiegoś ściśle określonego przedmiotu, niemożna więc ich stosować przy dokładnych kalkulacjach porównawczych.

Warszawa, w Czerwcu 1911.

Autor.



## WSTĘP.

---

Przystępując do projektowania urządzeń oświetlenia elektrycznego i przenoszenia siły, konieczną jest rzeczą przedewszystkiem zdać sobie dokładnie sprawę z tego, jakim wymaganiom urządzenie ma czynić zadość.

A mianowicie: jak wielkie ma być oświetlenie w rozmaitych miejscach, jaka wymagana jest jednostajność oświetlenia, barwa światła i jasność poszczególnych lamp, jak również ich ugrupowanie i rodzaj osprzętu, jak długo mają się lampy palić, w jakich godzinach i w jakiej ilości, które można gasić razem, a które oddzielnie i z jakiego miejsca?

Oдноśnie do przenoszenia siły, potrzebne są dokładne wiadomości, dotyczące: rozstawienia przyrządów, jakie należy wprowadzać w ruch, granic wahań obciążenia, pożądanej liczby obrotów na minutę i stałości, lub zmian w szybkości ruchu. Pozatem trzeba wiedzieć, jak długo pracują poszczególne maszyny, przy jakim obciążeniu i w jakich godzinach, jakie są szczególne wymagania, co do miejsca umieszczenia silników elektrycznych i przyrządów rozruchowych, wyłączników i oporników.

Oprócz tego potrzebne są ogólne wiadomości: średnia temperatura lokali, stan powietrza: czy czyste — suche lub też wilgotne, albo zanieczyszczone kurzem, parą lub gazem, czy składniki postronne w powietrzu są łatwo palne — wybuchające — lub nie, jakie one mają własności chemiczne pod względem działania na metale i materiały izolacyjne?

Następnie trzeba wiedzieć, jakie są ogólne własności terenu, objętego urządzeniem elektrycznym, a więc rozkład, lokali i budynków, materiał, z którego są zbudowane i zasadnicze cechy konstrukcyjno-architektoniczne.

Należy też zwrócić uwagę na szczególne życzenia, co do prowadzenia linii przewodników. Wreszcie w poszczególnych wypadkach trzeba mieć na względzie istniejące źródła siły motorycznej i dotyczące ich dane szczegółowe; również konieczne są dane co do istniejących i możliwych do zużycowania źródeł prądu elektrycznego.

Na podstawie tych wiadomości systematycznie zestawionych, można przystąpić do opracowania projektu postępując stopniowo stosownie do podanych w dalszym ciągu wskazówek.

---



## ROZDZIAŁ I.

### Wybór rodzaju i napięcia prądu.

W urządzeniach, które mam na względzie, są do wyboru dwa rodzaje prądu: prąd stały i prąd zmienny-trójfazowy.

Do urządzeń oświetlenia elektrycznego gdy silników nie ma, lub mało i drobne stosujemy zwykle prąd stały, a to ze względu na większą sprawność lamp łukowych i trwałość żarówek metalowych, a także możność zastosowania akumulatorów.

Wyjątek stanowią takie urządzenia, gdzie odległość lamp od źródła prądu jest bardzo duża (całe kilometry) wtedy w poszczególnych wypadkach niższy koszt budowy i prowadzenia urządzenia decyduje o wyborze tego lub innego rodzaju prądu. Czasami, przy niewielkiej różnicy w koszcie, decydują wyżej podane zalety prądu stałego.

Przy urządzeniach mieszanych oświetlenia i przenoszenia siły należy stosować prąd stały wtedy, gdy zależy na możności korzystania z akumulatorów, na dobrem i oszczędnem świetle łukowym i na własnościach silników elektrycznych prądu stałego. Silniki prądu stałego mogą być budowane na dowolną liczbę obrotów na minutę, dają się więcej przeciążać niż trójfazowe i z łatwością pozwalają regulować szybkość biegu. Gdy przedstawione tu zalety nie grają poważnej roli w danym urządzeniu, a natomiast ważniejszą jest prostota budowy i obsługi motorów trójfazowych, nie mających kolektora, a przeważnie i szczotek, to w takim razie można stosować prąd trójfazowy do przenoszenia siły, a stały do oświetlenia. Jeżeli w danych warunkach takie urządzenie o prądzie podwójnym będzie zbyt skomplikowane i światło elektryczne stanowi podrzędną część urządzenia, to należy do całego urządzenia zastosować prąd trójfazowy. Gdy światła całkiem nie ma, to w takim razie jedynie własności motorów decydują o wyborze rodzaju prądu.

Nie można pominąć jeszcze paru szczegółów, które stosują się do wszystkich przytoczonych tu wypadków; dotyczą one zasadniczych własności prądnic prądu stałego i trójfazowego.

Gdy elektrownia ma kilka maszyn i trzeba je łączyć równolegle, to obsługa jest znacznie prostsza przy prądzie stałym; łatwiej jest również przy prądzie stałym utrzymać w sieci stałe napięcie, stosując akumulatory, włączone równolegle do dynamomaszyny. Okoliczności te trzeba zawsze mieć na względzie, decydując się na ten lub ów rodzaj prądu.

Czasem ma też znaczenie zużycie miedzi na przewodniki. Gdy mamy obciążenie bezindukcyjne, to przy jednakowych stratach energii w przewodnikach zużywa się miedzi przy prądzie trójfazowym tylko 0,75 tej ilości, jaka przy tym samym napięciu jest potrzebna dla linii prądu stałego.

Po wybraniu rodzaju prądu trzeba jeszcze zdecydować wysokość napięcia w sieci i w prądnicach.

Przy oświetleniu decydującym czynnikiem są lampy żarowe, które nie wyrabiają się na napięcia wyższe od 250V, a na 110V są oszczędniejsze i trwalsze niż na 220V. Ponadto należy uwzględnić lampy łukowe. Normalna lampa łukowa prądu stałego łącznie ze stratą napięcia w oporniku dodatkowym wymaga 65V, z łukiem zamkniętym 110V; przy prądzie zmiennym na jedną zwykłą lampę łukową przypada 40V. W szereg lampy łukowe łączyć można w bardzo znacznej ilości, a więc i napięcie sieci, zasilającej lampy łukowe, może wahać się od 65V do kilku tysięcy.

Ze względu na powyższe własności lamp stosuje się zwykle do oświetlenia napięcie 110V lub 220V, albo  $2 \times 110V$  i  $2 \times 220V$ , a najwyżej  $2 \times 250V$ .

Napięcie wyższe od 250V stosujemy w sieci oświetlenia tylko wtedy, gdy ta sieć ma główne przeznaczenie inne (sieć tramwajowa, wtedy lampki żarowe łączą się w szereg), albo też jeżeli lamp żarowych niema, a są tylko lampy łukowe.

Małe silniki elektryczne budują się pospolicie na napięcia 110 i 220V; od kilkudziesięciu koni—na 440 i 500 V przy prądzie stałym i 500, 1000, 2000, 3000 i 5000V przy prądzie zmiennym. Stosownie do tych liczb wybiera się napięcie sieci.

Prądnice prądu stałego mają napięcie tylko trochę wyższe niż sieć, prądnice zaś prądu zmiennego mogą mieć napięcie niższe, wtedy napięcie podnosi się za pomocą transformatorów. Zwykle stosowane napięcia w prądnicach są następujące: przy prądzie stałym: 115, 230, 470 i 550V, a przy prądzie zmiennym: 115, 230, 525, 1050, 2100, 3150 i 5250V.

Ogólne cechy niskiego i wysokiego napięcia sieci są następujące: im wyższe napięcie w sieci tem cieńsze mogą być



druty, obliczone na spadek napięcia, stratę energii lub ogrzewanie. Natomiast przy wyższych napięciach kosztowniejsza jest izolacja i trudniejsze jest utrzymanie tej izolacji w należytym stanie. Lampki żarowe dla wyższych napięć są mniej trwałe, droższe i nie wyrabiają się całkiem dla małego natężenia światła. Silniki małe na wyższe napięcie są droższe i gorsze, zwykle mniej trwałe, łatwo psujące się, dla bardzo małej mocy całkiem nie są budowane.

Przy wyborze napięcia należy pamiętać, że wszystkie urządzenia elektryczne prądu silnego dzielą się na dwa rodzaje: niskiego i wysokiego napięcia.

Za urządzenia niskiego napięcia uważamy takie, w których pomiędzy ziemią, a przewodnikiem nie może powstać napięcia wyższego od 250V; wszystkie inne są to urządzenia wysokiego napięcia i do nich wypada stosować rozmaite obstrzone przepisy przy projektowaniu i wykonaniu urządzenia.

Poza tem ważne znaczenie ma również wzgląd bezpieczeństwa. Praktyka wykazuje, że napięcia stałego prądu 220V i zmiennego 120V, są względnie bezpieczne, natomiast wyższe napięcia wymagają bardzo starannego wykonania urządzenia i dobrej obsługi sieci, a zarazem rozmaitych środków ochronnych celem zabezpieczenia osób postronnych i pracujących przy urządzeniu od porażenia prądem.

Należy również mieć na uwadze rozwój umysłowy ludzi, którzy będą mieli do czynienia z danem urządzeniem.

Przez wzgląd na to wszystko, co było powiedziane o wyborze prądu i napięcia, stosują się obecnie następujące prądy w rozmaitych pospolicie napotykanym urządzeniach.

Urządzenia małe, przeważnie oświetleniowe, z elektrownią mocy do kilkudziesięciu koni mają zwykle prąd stały o napięciu 110V (jeżeli teren objęty urządzeniem jest bardzo mały, naprz. na statku można stosować 65V). Jeżeli jest dużo motorów stosuje się też prąd trójfazowy o napięciu zwykle wyższym, naprz. 220V. Gdy trzeba oświetlić kilka domów, rozrzuconych na dużym placu i elektrownia ma moc setki lub więcej koni, to używa się prąd stały przy napięciu 220V, a jeżeli chodzi o dogodniejsze włączanie lamp żarowych oraz małych silników i uniezależnienie lamp łukowych, to 2×110V. Gdy taka elektrownia zasila dużo silników, to stosuje się prąd trójfazowy przy napięciu 500V.

Wyższe napięcia prądu trójfazowego mają zastosowanie przy przenoszeniu energii na kilkanaście lub więcej kilometrów, a wyższe napięcia prądu stałego 500 do 1000 a nawet

więcej dla trakcyi elektrycznej i rozleglejszych urządzeń przenoszenia siły lub  $2 \times 220V$  dla oświetlenia niewielkich miast. Przy zasilaniu miast prądem trójfazowym, napięcie wtórne wynosi często 120V lub też 120 i 210V przy zastosowaniu przewodnika zerowego.

W niewielkich elektrowniach przy wysokim napięciu w sieci zwykle ustawiają się transformatory do podwyższenia napięcia; przez to prądnice pracują przy napięciu niskiem naprz. 110 albo 220V i niema obawy o życie maszynistów. W większych elektrowniach, gdzie obsługa jest wykwalifikowana, a urządzenie dokładnie wykonane, ostrożność ta jest zbyt duża i wtedy transformatory dla podwyższenia napięcia ustawia się tylko przy napięciu sieci przewyższającym 10000V. W sieci potrzebne są transformatory dla obniżenia napięcia o tyle, aby można było tym prądem zasilać przyrządy odbiorcze.

Przy zastosowaniu prądu zmiennego należy jeszcze wybrać liczbę okresów na sekundę prądu. Dla oświetlenia stosuje się zwykle prąd o 50 okresach na sekundę, dla przenoszenia siły nieraz używa się prąd o 40, 25 i 15 okresach na sekundę, — przy przenoszeniu na duże odległości głównie ze względu na mniejszy wpływ samoindukcyi i pojemności linii. Liczba okresów 50 dla światła jest potrzebną ze względu na lampy łukowe, które przy mniejszej liczbie okresów migają, a nawet i lampy żarowe małe 5 świecowe i mniejsze przy 25 okresach na sekundę dają światło nierówne.



## ROZDZIAŁ II.

### Określenie wielkości oświetlenia.

Dane praktyczne co do wielkości oświetlenia wyrażają się w dwojaki sposób: w liczbie świec źródeł światła, przypadającej na metr kwadratowy lokalu oświetlanego, albo też ściślej w luksach \*).

Dla zdania sobie sprawy z wartości praktycznej oświetlenia, wyrażonego w luksach, przytaczam kilka danych wziętych z doświadczenia.

Przy oświetleniu, wynoszącym 2 luksy, widzimy przedmioty niewyraźnie.

Gdy oświetlenie wynosi 50 luksów można zupełnie dogodnie czytać, nie wycężając wzroku.

Oświetlenia powyżej 80 luksów nie należy stosować, ponieważ dokładność widzenia przez to już się nie powiększy.

Dane praktyczne wielkości oświetlenia *wewnątrz budynków* są następujące:

Ilość świec na metr kwadratowy podłogi od lamp zawieszonych w danym lokalu:

Mieszkania:	salon . . . . .	od 4	do 5	$\frac{\text{św.}}{\text{m}^2}$
	jadalnia . . . . .	„ 3	„ 3,5	„
	sypialnia . . . . .	„ 1,5	„ 2	„
	schody, przejścia, i t. p.	„ 1,5	„ 2,5	„
Biura:	główne. . . . .	„ 5	„ 6	„
	pomocnicze . . . . .	„ 1,5	„ 3	„
Handle:	sklepy . . . . .	„ 4	„ 7	„
	składy . . . . .	„ 2	„ 2,5	„
	okna wystawowe . . . . .	„ 50	„ 100	na metr szerokości

\*) Luks—jest to jednostka wielkości oświetlenia, określona jako oświetlenie na powierzchni prostopadłej do promieni świetlnych, oddalonej na odległość jednego metra od źródła światła, mającego natężenie jednej świecy—(świeca—równa jednostce Hefnera).

Hotele: salony . . . . .	od 5 do 7	$\frac{\text{św.}}{\text{m}^2}$
pokoje lepsze . . . . .	3 „ 4	„
pokoje proste . . . . .	2 „ 3	„
korytarze . . . . .	1 „ 1,5	„
pokoje dla służby . . . . .	1 „ 2	„
Teatry i sale koncertowe . . . . .	9 „ 14	„
Sale odczytowe, szkolne i t. p. . . . .	5 „ 9	„
Sale szpitalne. . . . .	1 „ 2	„
Koszary . . . . .	2 „ 3	„
Ogólne oświetlenie fabryk . . . . .	0,5 „ 1	„

Pozatem w fabrykach umieszcza się na każdego robotnika po jednej lampce 16 św. przy robotach prostych i 32 św. przy robotach dokładnych.

Zebrałe tu liczby stosują się do lokali, których wysokość wynosi 4 m., jeżeli lokal jest wyższy, to należy pomnożyć podane liczby przez współczynnik C.

Dla wysokości: 5m—6m—7m—10m.

C wynosi: 1,2 — 1,5 — 1,9 — 2,5.

Liczby większe w powyższych danych odpowiadają oświetleniu dostatniemu; w wypadkach, gdy oświetlenie ma być skromne i oszczędne, należy stosować liczby najmniejsze.

Przy projektowaniu przydać się może jeszcze zestawienie wskazujące, w jaki sposób należy inne rodzaje oświetlenia zastępować oświetleniem elektrycznym.

Zamiast płomieni gazowych bez koszulek wystarcza zupełnie stosować lampy żarowe 10 lub najwyżej 16 świecowe. Zamiast palników gazowych z koszulkami o średnim natężeniu światła należy stosować lampy żarowe najlepiej metalowe od 32 do 50 świec; zamiast palników silnych—100 świec i więcej. Zwykle lampy naftowe można zastąpić przez lampy żarowe od 16 do 50 świec.

Dla ściślejszych obliczeń oświetlenia podają tu zestawienie danych praktycznych wielkości oświetlenia w luksach na płaszczyźnie, znajdującej się na wysokości jednego metra od podłogi w rozmaitych lokalach.

Przedziałnie . . . . .	od 10 do 15	luksów
Tkalnie materiałów jasnych . . . . .	25 „ 30	„
Tkalnie materiałów ciemnych . . . . .	30 „ 40	„
Warsztaty mechaniczne, oświetlenie ogólne „ 8 „ 12	„ 8 „ 12	„
Warsztaty mechaniczne dla robót drobnych „ 30 „ 40	„ 30 „ 40	„
Ślusarnie . . . . .	20 „ 30	„

Drukarnie, sale rysunkowe . . . . .	„	40	„	50	„
Sale wykładowe . . . . .	„	20	„	40	„
Biura i sklepy . . . . .	„	25	„	35	„

Większe liczby—oświetlenie dostatnie.

Powyżej przytoczone dane, stosują się do lokali o pospolitym kolorze ścian sufitu i podłogi; dla uwzględnienia w wyjątkowych wypadkach odmiennej barwy podaję tu dane praktyczne, wskazujące względne natężenie źródeł światła dla otrzymania jednakowego oświetlenia tego samego lokalu przy pokryciu *ścian* i *sufitu* rozmaitymi materiałami:

gładko wybielone. . . . .	1
pokryte obiciem blade żółtem . . . . .	4
„ „ niebieskiem . . . . .	5
„ „ ciemno brunatnem . . . . .	6
„ suknem czarnem . . . . .	7

Oświetlenie *zewnątrz budynków* naprz. na podwórzu fabrycznym jest wystarczające, gdy na 1 m<sup>2</sup> przypada od 0,5 do 2,0 świec.

Na ulicach miast dobre oświetlenie wynosi przeciętnie 4 luksy, średnie 3 luksy, a słabe 1 luks. W małych miasteczkach zwykle wystarczają wielkości o 20 do 40% mniejsze; natomiast w miastach wielkich, w punktach bardzo ruchliwych wypada niekiedy przeciętnie około 18 luksów.

Przy oświetleniu ma często poważne znaczenie nie tylko wielkość przeciętna oświetlenia, ale i stopień jego jednostajności. Wewnątrz budynków oświetlenie bywa zwykle znacznie równiejsze, niż zewnątrz. Różnica pomiędzy największym i najmniejszym oświetleniem w rozmaitych punktach jednej sali dobrze oświetlonej nie przenosi 50—30%.

Przy oświetleniu warsztatów, hal i t. p. można zadowolnić się różnicą pomiędzy największym i najmniejszym oświetleniem, wynoszącą 80%.

Na ulicach, placach i podwórzach różnica jest zwykle znacznie większa. Naprz. na ulicach najlepiej oświetlonych w Berlinie oświetlenie waha się od 92 do 1,3 luksa, a w innych miejscach od 31,2 do 6,6 luksa.



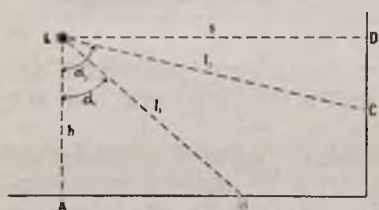
## ROZDZIAŁ III.

### Wybór lamp i rozstawienie.

Zanim przystąpię do sprawy wyboru lamp, podaję kilka wzorów ogólnych obliczenia wielkości oświetlenia podług danego natężenia światła i miejsca zawieszenia lampy.

#### 1. Wzory matematyczne.

Oznaczmy natężenie światła lampy przez  $I$  w świecach; w takim razie oświetlenie  $E$  wyrażone w luksach, przedstawi się rozmaitymi wzorami, zależnie od tego, na jakiej powierzchni leżą punkty, i w jakim miejscu. W punktach A i D gdzie elementy płaszczyzn poziomej i pionowej są prostopadłe do promieni wybiegających z lampy L, wyrazy będą jednakowe, a mianowicie:



$$E_A = \frac{I}{h^2} \text{ i } E_D = \frac{I}{s^2}$$

W punktach zaś B i C będą one inne:

$$E_B = \frac{I}{l_1^2} \cos \alpha_1 = \frac{I}{h^2} \frac{\cos \alpha_1}{\cos^2 \alpha_1} = \frac{I}{h^2} \cos^3 \alpha_1$$

$$\text{ i } E_C = \frac{I}{l_2^2} \sin \alpha_2 = \frac{I}{s^2} \frac{\sin \alpha_2}{\sin^2 \alpha_2} = \frac{I}{s^2} \sin^3 \alpha_2$$

Dla ułatwienia obliczeń podaję tabelkę  $\sin^3$  i  $\cos^3 \alpha$ .

$\alpha$ —	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
$\sin^3 \alpha$ —	0	0,00	0,00	0,02	0,04	0,07	0,12	0,19	0,26	0,35	0,45	0,55	0,65	0,74	0,82	0,90	0,96	0,99	1
$\cos^3 \alpha$ —	1	0,99	0,96	0,90	0,83	0,74	0,65	0,55	0,45	0,35	0,26	0,19	0,12	0,08	0,04	0,02	0,00	0,00	0



Ze wzoru dla  $E_B$  widzimy, że przy podnoszeniu lampy,  $E_B$  może się zmniejszać lub zwiększać się stosownie do jej położenia; ponieważ przy podnoszeniu lampy zwiększa się jednocześnie  $h$  i  $\cos\alpha$ , obliczenie wykazuje, że największe oświetlenie otrzymamy w punkcie B wtedy, gdy wysokość  $h$  będzie równą  $0,707 AB$  t. j. odległości B od podstawy pionu; liczba ta stosuje się do tego wypadku, gdy lampa we wszystkich kierunkach ma to samo natężenie światła. W innych wypadkach, naprz. gdy mamy zwykłą lampę łukową z opalowym kloszem,  $h = 0,85 AB$ .

## 2. Stosowanie wzorów.

Projektując oświetlenie większych sal, ulic, placów i t. p. należy posilkować się podanymi powyżej wzorami w następujący sposób:

Na podstawie danych z poprzedniego rozdziału ustala się wymaganą wielkość oświetlenia w kilku lub kilkunastu punktach oświetlanej powierzchni; następnie wybiera się na próbę prawdopodobny rozkład i natężenie światła lamp, przypuszczalnie odpowiednie dla założonej wielkości oświetlenia.

Uważając lampy za punkty świecące, wysyłające we wszystkich kierunkach promienie świetlne jednakowego natężenia, oblicza się podług podanych powyżej wzorów wielkość oświetlenia od wszystkich lamp w charakterystycznych punktach powierzchni.

Oświetlenie wypadkowe otrzymuje się przez dodawanie arytmetyczne oświetlenia od poszczególnych lamp w powyższych punktach. Otrzymane wyniki porównowya się z wymaganą wielkością oświetlenia i, stosownie do różnic, jakie wypadają, zmienia się liczbę, układ i natężenie światła punktów świecących tak, aby zbliżyć się do powyższych wymagań.

Przy nowym układzie powtarza się obliczenie oświetlenia, uwzględniając już nierówny rozkład natężenia światła w rozmaitych kierunkach, według krzywych, podanych dalej przy omawianiu poszczególnych rodzajów lamp. To drugie obliczenie powinno więc być poprzedzone wyborem lamp określonego rodzaju. Postępując w ten sposób przez powtórzenie kilka razy, obliczenia wielkości oświetlenia dochodzi się do takiego układu lamp, który czyni zadość wszystkim wymaganiom.

Pamiętać należy, że podany tu sposób nie może dać wyników bezwzględnie ścisłych, ponieważ nie uwzględnia się światła odbitego od sufitu, ścian i t. p.

W wypadkach oświetlenia światłem rozproszonym np. odbitem od sufitu można przeprowadzić obliczenia podobne, jak wyżej wskazane, uwzględniając współczynniki odbicia światła. Przytaczamy kilka współczynników, mogących mieć zastosowanie:

Wielkość oświetlenia odbitego w procentach od padającego na daną powierzchnię wynosi:

dla ściany pomalowanej na żółto (czystej)	40%
„ „ „ „ „ (brudnej)	20%
„ drzewa czystego . . . . .	45%
„ niebieskiego obicia . . . . .	25%
„ brunatnego obicia . . . . .	13%
„ papieru białego, gazetowego . . . . .	60%
„ bibuły białej . . . . .	82%

### 3. Lampy żarowe.

Lampy żarowe zwykle stosowane są następujące:

#### Lampy węglowe.

Swiece	5	10	16	25	32
Nap. w volt.	45—125	45—240	45—250	45—250	45—250

Zużywają od 4,5 do 2,5 wata na świecę; ściślej zaś lampy palące się 300 godzin do zmniejszenia natężenia światła o 20% zużywają od 3,8 do 2,7 wata na świecę, 600 godzin — od 4,4 do 3,1 wata na świecę i 800 godzin od 4,8 do 3,4 wata na świecę.

#### Lampy Nernsta.

Swiece	około 30	około 35	około 65	około 150
Ampery	0,2	0,25	0,5	1,0
Wolty	200—300	200—300	200—300	200—300

Zużycie mocy prądu od 1,8—1,5 wata na świecę.  
Długość świecenia bez zmiany palnika: około 400 godzin.

Lampy metalowe tantalowe

Świece	5	10	16	25	32	50
Nap. w volt.	20—60	50—120	50—160	50—240	60—240	100—240

Zużycie mocy prądu 1,5—1,8 wata na świecę.

Długość świecenia 600—800 godzin do zmniejszenia się natężenia światła o 20%.

Specjalne lampy, narażone na wstrząśnienia oraz wszystkie do prądu zmiennego zużywają około 2,2 wata na świecę.

Lampy metalowe wolframowe \*)

Świece	5	10	16	25	32	50
Nap. w volt.	20—40	20—80	20—130	20—240	20—260	20—250

Świece	100	200	400	600	1000
Nap. w volt.	100—250	100—250	100—250	100—250	100—250

Zużycie mocy prądu w tych lampach wynosi od 1,0 do 1,4 wata na świecę.

Długość świecenia od 600 do 2000 godzin do pęknięcia nitki.

Rozkład natężenia światła lampki żarowej wzdłuż rozmaitych kierunków w dolnej półkuli, przy zawieszeniu oprawką do góry, zmienia się nie więcej jak o 25%; można więc przy obliczeniach przybliżonych, zwykle stosowanych w praktyce, przyjmować rozkład natężenia światła we wszystkich kierunkach jednakowy \*\*).

\*) Lampy te są w handlu pod najrozmaitszymi nazwami: „Cyrkownowe“, „Osminowe“, „Sirius“, „Wotan“, „Osramowe“ i t. d.

\*\*). Gdy lampy zaopatrzone są w abażury, reflektory i t. p., to oczywiście powyższe przypuszczenie nie jest słuszne; można jednak nie uwzględniać tych wpływów w obliczeniu, wiedząc, że one potęgują oświetlenie.



Przy wyborze rodzaju lamp żarowych należy kierować się następującymi własnościami tych lamp: trwałością, oszczędnością w zużyciu prądu, napięciem i rodzajem prądu, jak również barwą światła.

Co do wytrzymałości na wstrząśnienia i wahania napięcia, to najtrwalsze są lampy węglowe, następnie tantalowe, a najmniej trwałe lampy Nernsta \*) i wolframowe. Koszt oświetlenia lampami danego gatunku należy oceniać, obliczając łącznie koszty energii i zamiany lampek biorąc pod uwagę, że lampy węglowe i tantalowe należy wymieniać wtedy, gdy natężenie światła zmniejszy się o 20%, a inne, gdy przerwie się nitka świecąca. Napięcia prądu podane są wyżej w tablicach.

Barwa światła lamp węglowych ma wyraźny odcień żółty, a metalowych i Nernsta—biały, lampy tantalowe w porównaniu z wolframowymi mają nieznaczny odcień żółtawy.

Lampy żarowe stosują się obecnie wszędzie za wyjątkiem urzędzeń oświetlenia dużych placów, szerokich ulic, wielkich hal i sal, a także większych okien wystawowych, w tych wypadkach zwykle uważamy za odpowiedniejszą lampę łukową.

Liczba i natężenie światła lamp żarowych wewnątrz budynków, w zwykłych lokalach, określa się podług danych w rozdziale II-gim i rozinaitych warunków miejscowych. Dla sal większych można przeprowadzić obliczenia stosownie do wskazówek rozdziału III-go;—takież obliczenie należy przeprowadzić przy oświetleniu lampami żarowymi ulic i placów. Przy oświetleniu ulic zwykle ustawiają się lampy żarowe na odległości 15 do 30 czasem do 60 i 100 m. jedna od drugiej; wysokość zawieszenia 3 do 4 m. przy natężeniu światła wynoszącem 32 świece i do 6 m. przy większych natężeniach światła do 100 i więcej świec. Do oświetlenia ulic stosuje się obecnie tylko lampki metalowe.

#### 4. Lampy łukowe.

Obecnie stosowane są w praktyce następujące lampy łukowe:

A — ampery

V — wolty na łuku.

I — średnie natężenie światła w dolnej półkuli w świe-  
[cach.

---

\*) Należy także pamiętać o tem, że lampy Nernsta nie zapalają się odrazu po włączeniu prądu i są skomplikowane w obsłudze,—za wyjątkiem ostatnich typów małego natężenia światła.

Lampy z węglami czystymi ustawionymi pionowo jeden nad drugim (natężenie światła podane bez żadnego klosza).

I). Prąd stały, 2 lampy na 110 V.

A	6	8	10	12	15
V	40	40	42	43	44
I	360	580	760	960	1300

II). Prąd zmienny, 3 lampy na 110 V.

A	6	8	10	12	15
V	29	29	29	30	30
I	100	180	270	360	480

Następnie węgle ustawione obok siebie:

III). Prąd stały, 1 lampa na 110 V.

Przy 10 A i 85 V daje—1080 świec średnio w dolnej półkuli.

IV). Prąd zmienny, 1 lampa na 110 V.

Przy 10 A i 75 V daje — 720 świec.

V). Prąd zmienny, 2 lampy na 110 V.

Przy 10 A i 50 V daje — 405 świec.

Lampy z łukiem zamkniętym (natężenie światła podane dla lamp tylko z jednym wewnętrznym kloszem przezroczystym):

VI). Prąd stały, 1 lampa na 110 V.

A	4	5	6
V	75	75	75
I	380	550	720

VII). Prąd zmienny, 1 lampa na 110 V.

A	7	10
V	70	70
I	270	450

VIII). Lamy prądu stałego oszczędnościowe z cienkimi węglami 1 lampa na 110 V.

A	3	4	5	6	8
V	80	80	80	80	80
I	320	500	725	1080	1620

Lamy z węglami nasycanemi żółtymi (białe dają 25%<sup>o</sup> mniejsze natężenie światła), natężenie światła podane dla łuków odkrytych. Węgle pionowe.

IX). Prąd stały, 3 lamy na 110 V.

A	8	10	12	15
V	30	30	30	30
I	1200	1600	2000	2650



X). Prąd stały, 2 lampy na 110 V.

A	8	10	12	15
V	40	40	40	40
I	1900	2500	3100	3900

XI). Prąd zmienny, 3 lampy na 110 V  
z oporem bezindukcyjnym.

A	8	10	12	15
V	28	28	28	28
I	540	780	1030	1470

XII). Prąd zmienny, 3 lampy na 110 V  
z dławnikiem.

A	8	10	12	15
V	28	28	28	28
I	720	990	1250	1710

Węgle pochylone, obok siebie:

XIII). Prąd stały, 2 lampy na 110 volt.

A	6	8	10	12
V	44	45	46	47
I	1380	2200	3100	3900



XIV). Prąd zmienny, 2 lampy na 110 V  
z oporem bezindukcyjnym:

A	8	10	12
V	45	45	46
I	1250	1620	2100

z dławnikiem:

A	8	10	12
V	45	45	46
I	1650	2100	2700

Lampy z łukiem zamkniętym;  
węgle pionowo jeden nad drugim.

XV). Prąd stały, 2 lampy na 110 V.

A	8	10	12
V	45	45	45
I	1200	1650	2100

XVI). Prąd zmienny, 2 lampy na 110 V,  
z dławnikiem.

A	8	10	12
V	45	45	45
I	850	1175	1500

Nateżenia światła dla lamp z węglami nasycanymi, o łuku zamkniętym stosują się do stanu lampy po 4-ech godzinach palenia się.

Węgłe czyste do lamp stałego prądu z łukiem odkrytym mają zwykle długość od 200 — 300 mm. i spalają się w ciągu 20 godzin; w lampach z łukiem zamkniętym górny węgiel ma 350 mm, dolny—150, para spala się w ciągu 100—150 godzin. W lampach oszczędnościowych długość górnego węgla— od 300 do 350 mm, a dolnego od 100 do 120 mm; spalają się w ciągu 20—do 35 godzin.

Węgłe nasycane zwykle mają długość od 200 do 700 mm i spalają się w ciągu 10 do 20 godzin.

Przy prądzie zmiennym długość węgla w lampach jest zwykle taka sama, jak przy prądzie stałym. Spalają się one mniej więcej w tym samym czasie.

Są jeszcze lampy tak zwane kwarcowe z łukiem w parze rtęci, zamkniętej w rurce z kwarcu.

A	2,5	3,5	4	
V	200—240	200—240	100—120	łącznie z oporem dodatkowym.
I	1500	3000	1200	

Rurka świeci do chwili zepsucia się co najmniej w ciągu 1000 godzin.

Przy łączeniu lamp w szereg należy pamiętać, że do tego nadają się najlepiej regulatory różnicowe, można jednak stosować przy małej liczbie (do 4-ech lamp połączonych w szereg) i bocznikowe.

Przy zwykłych lampach napięcie w sieci powinno przewyższać sumę napięć na łukach mniej więcej o 20%.

Oświetlenie lampami łukowymi jest praktyczne i oszczędne tylko przy znacznych przestrzeniach oświetlanych.

Lampy łukowe prądu zmiennego nie nadają się całkiem do oświetlenia wewnątrz budynków, ponieważ nigdy nie palą się zupełnie równo i zawsze wydają pewien dźwięk; ilość watów na jedną świecę, zużywanych przez te lampy przy węglach nienasycanych, jest nieco większą, niż w lampach żarowych wolframowych.



Rodzaj lamp łukowych wybiera się przede wszystkim stosownie do rodzaju prądu i napięcia w sieci; następnie uwzględnia się warunki obsługi co do tego, czy mają być lampy długo palące się bez wymiany węgli, czy krótko, a także co do zawitości mechanizmu; — prostszy jest mechanizm w lampach włączanych pojedynczo.

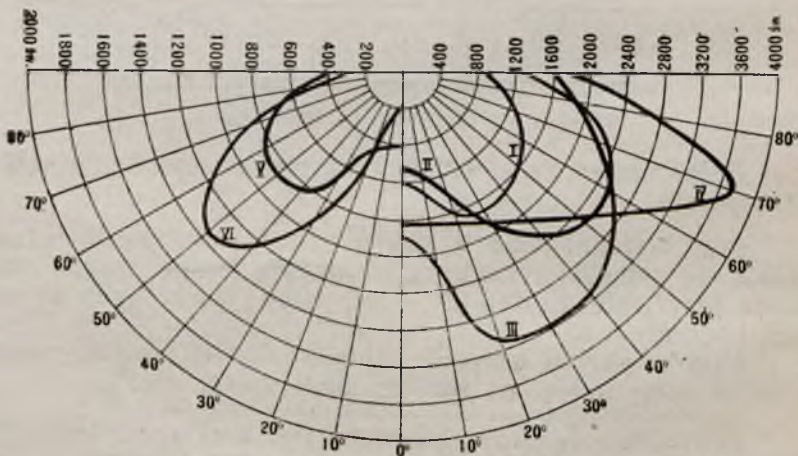
Gdzie trzeba mieć oświetlenie możliwie jednostajne, najlepiej jest stosować całkowicie lub chociaż częściowo oświetlenie światłem odbitem od sufitu, przez umieszczenie pod lampami odpowiednich reflektorów.

Gdy chodzi o oszczędność na węglach, najodpowiedniejsze są lampy oszczędnościowe (VIII).

Lampy o łuku rtęciowym są również oszczędne, mogą być jednak stosowane tylko tam gdzie całkiem nie zależy na barwie światła, ponieważ te lampy nie wysyłają prawie całkiem promieni czerwonych.

Siłę prądu w lampie wybiera się stosownie do potrzebnego natężenia światła; a natężenie światła można obrać drogą wskazaną w rozdziale III w części 2-giej.

Na rys. 2 podaję krzywe rozkładu natężenia światła dla rozmaitych rodzajów lamp, a mianowicie:



rys. 2.

krzywa I dla lampy kwarcowej na 2,5A, II dla lampy 10A 40V z węglami nasycanymi, ustawionemi pionowo jeden nad drugim, III dla lampy 10A 40V z węglami nasycanymi, ustawionymi pochyło obok siebie, IV dla lampy poprzedniej, zaopatrzonej w środku w załamujący klosz, V dla lampy 10A z czy-

stymi węglami. Wszystkie lampy od I-ej do V włącznie zaopatrzone są w klosze opalowe, krzywa VI dla lampy V-ej bez klosza.

Zdolność pochłaniania światła przez klosze wyraża się w następujących liczbach: 3—10% pochłania klosz przezroczysty, od 15—25% opalowy, 30—50% alabastrowy.

Przy wyborze siły prądu lamp łukowych można korzystać również z następujących praktycznych wskazówek.

Ilość metrów kwadratowych powierzchni, jaką można oświetlić jedną lampą stałego prądu, podana jest w zależności od siły prądu i rodzaju lokalu w tablicy następującej:

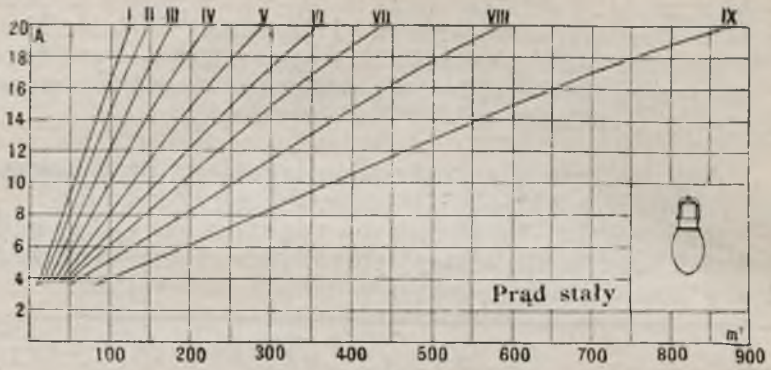
	3A	4A	6A	8A	9A	10A	12A
Podwórze fabryczne	—	500	900	1400	1600	2000	2700
Hale dworców kolejowych	—	—	500	700	900	1100	1500
Hale targowe	—	—	200	300	350	400	550
Hale fabryczne	—	80	150	230	270	320	450
Sale fabryczne	30	50	100	150	—	—	—
Sale restauracyjne i t. p.	15	25	45	65	—	90	—

Dokładniej jeszcze można znaleźć najodpowiedniejszą lampę z następujących danych praktycznych.

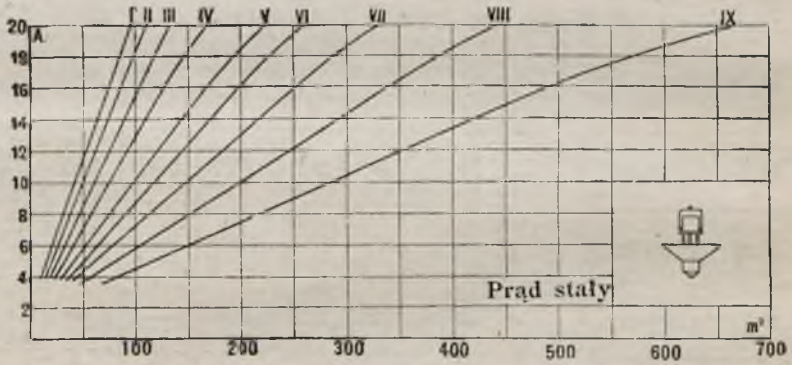
Gdy mamy oświetlenie bezpośrednie i różnica pomiędzy najlepiej i najgorzej oświetlonym punktem podłogi nie powinna przekraczać 70%, to przy wysokości zawieszenia lamp od 2,5 m do 10 m nad podłogą, odległość między poszczególnymi lampami powinna wynosić od 5-ciu do 28 metrów.

W razie oświetlenia światłem odbitem, przy różnicy pomiędzy najlepiej i najgorzej oświetlonymi punktami najwyżej 55% i wysokości lokalu oświetlonego od 2,5 do 10 metrów, odległość między lampami powinna wynosić od 3-ech do 18-tu metrów.

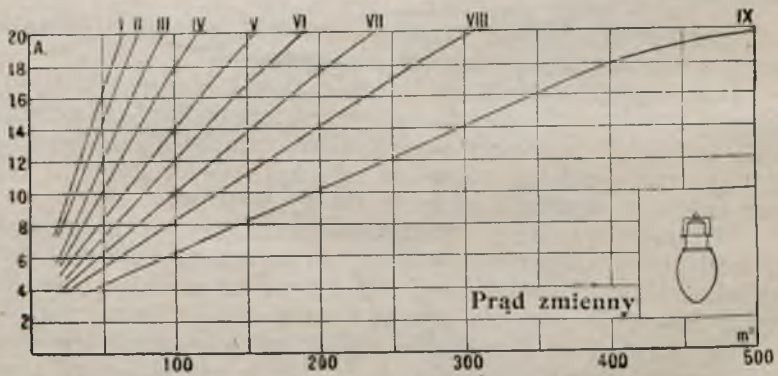
Wybrawszy w pierwszym wypadku, stosownie do wysokości lokalu, wysokość zawieszenia lamp, znajdujemy z powyższych danych odległość pomiędzy lampami, a więc możemy



rys. 3.



rys. 4.



rys. 5.



zorientować się, ile lamp umieścić w danym lokalu; w drugim wypadku \*) odrazu podług wysokości lokalu znajdujemy odległość między lampami, a stąd ich liczbę.

Podług liczby lamp obliczymy łatwo ilość metrów kwadratowych podłogi, przypadająca na jedną lampę.

Założmy jeszcze, według danych rozdziału II, wielkość oświetlenia w luksach i zwróćmy się do wykresów rys. 3, 4, 5. Wykresy te podają zależność siły prądu od ilości metrów kwadratowych podłogi, przypadających na jedną lampę, dla rozmaitej wielkości oświetlenia; na wszystkich trzech wykresach krzywa I stosuje się do 70 luksów, II do 60, III do 50, IV do 40, V do 30, VI do 25, VII do 20, VIII do 15 i IX do 10 luksów. Osprzęt lampy i rodzaj prądu wskazane są na rysunku (węgle czyste, łuki otwarte). Na podstawie tych wykresów, mając wielkość oświetlenia w luksach, liczbę metrów kwadratowych podłogi, przypadającą na jedną lampę i wybrany rodzaj lampy, łatwo znaleźć siłę prądu, na jaką lampa ma być zrobiona i wyregulowana.

Projektując oświetlenie ulic lampami łukowymi, można posiłkować się następującą tablicą ułożoną dla lamp zwykłych z węglami czystymi.

Siła prądu w amperach,		Odległość między lampami w m.	Wysokość zawieszenia w m.
prąd stały:	prąd zmienny:		
8	12	35—70	8
10	16	45—100	od 10 do 12
12	20	55—120	„ 12 „ 14
16	25	70—150	„ 15 „ 20
20	30	100—180	„ 20 „ 25

Na torach kolejowych stacyjnych zwykle wystarcza jedna lampa łukowa 10 lub 12 amperowa (prąd stały) na 60 do 80m długości toru; lampa taka zawieszona się na wysokości od 10 do 12 metrów.

\*) Lampy w tym wypadku zawieszają się pod sufitem w ten sposób, aby łuk znajdował się na odległości 1 metra od sufitu.

## ROZDZIAŁ IV.

### Wybór silników elektrycznych.

Zwykle stosuje się silniki elektryczne następujące: prądu stałego: bocznikowe, szeregowo i sprzężone, a prądu zmiennego trójfazowego asynchroniczne: krótko spięte z małym oporem rotora, krótko spięte z dużym oporem rotora, z przełącznikiem z gwiazdy na trójkąt dla puszczenia w ruch, z pierścieniami i opornikiem rozruchowym i z pierścieniami i opornikiem do regulowania szybkości biegu przy obciążeniu \*).

Pozatem wyróżnia się silniki co do stopnia zamknięcia części roboczych; są typy okapturzone, z wentylacją, a wreszcie zupełnie otwarte.

Dla ułatwienia wyboru odpowiedniego silnika podaję tu zestawienie rozmaitych narzędzi i maszyn, zaznaczając, jaki silnik jest dla nich najodpowiedniejszy i najczęściej stosowany w praktyce.

---

Maszyny pomocnicze w warsztatach mechanicznych, zwykle prasy drukarskie, maszyny tkackie i przędzalnicze,—kompresory i pompy.

Silniki bocznikowe prądu stałego i asynchroniczne trójfazowe, krótko spięte, z małym oporem rotora, lub z pierścieniami i oporami rozruchowymi albo przełącznikiem z gwiazdy na trójkąt, stosownie do wielkości.

---

Prasy drukarskie gazetowe, niektóre maszyny fabryk włókienniczych, wielkie tokarnie.

Silniki sprzężone prądu stałego.

Trójfazowe asynchroniczne z pierścieniami i oporem regulacyjnym.

---

\*) Bardzo małe silniki prądu zmiennego stosują się nieraz jednofazowe. Dla umożliwienia oszczędnej zmiany szybkości biegu w dużych granicach stosują się silniki prądu zmiennego z kolektorem.

<p>Wentylatory i dmuchawy.</p>	<p>Silniki stałego prądu, szeregowy. Trójfazowe asynchroniczne, małe, krótko spięte,—duże— z przyrządem rozruchowym.</p>
<p>Windy osobowe, heblarki i inne maszyny ze zmianą kierunku ruchu.</p>	<p>Silniki stałego prądu, sprzężone. Trójfazowe asynchroniczne z pierścieniami i przyrządem rozruchowym,</p>
<p>Elektrowozy. Rozmaite podnośniki, przesuwnice i t. p. Kompresory i pompy.</p>	<p>Silniki prądu stałego, szeregowy. Trójfazowe z pierścieniami i przyrządem rozruchowym, małe trójfazowe krótko spięte z rotorem o dużym oporze.</p>

O ile tylko można stosuje się silniki odkryte, ponieważ są najtańsze i najlżejsze, stosownie jednak do okoliczności zewnętrznych wypada ustawiać silniki całkowicie lub częściowo zamknięte. Jeżeli należy się obawiać uszkodzenia silnika pod wpływem jakichkolwiek zewnętrznych czynników, gdy naprz. powietrze w lokalu, w którym umieszczony jest silnik, bywa wypełnione mieszaniną wybuchową, to silniki z pierścieniami lub kolektorami muszą być hermetycznie zamknięte, lub też zaopatrzyć je należy w specjalne osłony zabezpieczające od przenoszenia się wybuchu.

Pozatem należy zwrócić uwagę na szczególny typ silników lekkich, wytrzymujących normalne obciążenie bez zbyt-niego ogrzewania się tylko przez czas krótki (godzina, albo nawet mniej); takie silniki w pewnych wypadkach mogą być tańsze i odpowiedniejsze, niż typy normalne; najczęściej stosuje się je przy windach, przesuwnicach i t. p.

W sprawie przyrządów rozruchowych i regulacyjnych przy silnikach zaznaczyć należy, że przy silnikach prądu stałego, za wyjątkiem bardzo małych (dziesiąte części konia), zawsze stosuje się oporniki rozruchowe, regulacyjne zaś w miarę potrzeby. Dla silników asynchronicznych trójfazowych przyrządy rozruchowe, wogóle mówiąc, nie są konieczne, dla zoryentowania się jednak, kiedy należy je stosować, przytaczam



dla przykładu wyciąg z prawideł elektrowni miejskiej w Warszawie: „Motory asynchroniczne krótko spięte dozwolone są tylko przy mocy normalnej do 2 k. m. włącznie. Koncesjonaryusz ma prawo żądać nawet dla motorów o mocy niżej 2 k. m. ustawienia luźnego koła pasowego lub opornika do puszczenia w ruch, jeżeli bezpośrednio puszczenie w ruch tych motorów powoduje zbyt silne wahania w napięciu lub daje powody do przypuszczenia, że wahania te mogą nastąpić. Motory o mocy normalnej wyżej 5 k. m. powinny być zaopatrzone w rotor z pierścieniami ślizgowymi i specjalnym przyrządem do puszczenia w ruch“.

Z tego wypada, że ze względu na uniknięcie zbyt gwałtownych zmian w obciążeniu elektrowni i sieci, przyprządy rozruchowe konieczne są już od 2 k. m., pierścienie zaś stosują się zwykle tylko dla motorów powyżej 5 k. m., przy motorach mocy pośredniej można stosować przełącznik „gwiazda—trójkąt“ albo luźne koła pasowe.

Zestawienie normalnych typów silników ich moc liczbę obrotów i napięcie prądu, można znaleźć poniżej w cenniku, podanym dla ułożenia przybliżonego kosztorysu \*).

W dalszym ciągu podaję trochę danych do obliczenia mocy silników w rozmaitych wypadkach.

### 1. Silniki do podnośników i dźwigów.

We wzorach dla podnośników i dźwigów będą stosowane następujące oznaczenia:

E — moc w koniach mechanicznych,

Q — ciężar podnoszony w kilogramach,

G — ciężar własny dźwignicy,

v — szybkość w m na sek.,

h — współczynnik sprawności,

P — siła w kg. do pokonania oporów tarcia przy ruchu,

P — siła w kg. do wywołania odpowiedniego przyspieszenia,

$$g = 9,81 \frac{m}{sek}.$$

*Podnośniki.*

Moc silnika określa się wzorem:

$$E = \frac{Q \cdot v}{75 \cdot \eta}$$

ciężar kabiny i część ciężaru pożytecznego jest zwykle rów-

---

\*) Współczynniki sprawności silników są w rozdziale o obliczeniu obciążenia elektrowni.

noważoną; ciężar jednej osoby można przyjmować — 75 kg.  
Szybkość ruchu podnośników jest następująca:

Podnośniki osobowe w domach

mieszkalnych  $v = 0,5—0,7 \frac{m}{s.}$

Podnośniki osobowe w fabrykach

i handlach  $v = 1,2—1,5 \frac{m}{s.}$

Podnośniki towarowe do 1000 kg.

$v = 0,25 \frac{m}{s.}$

„ „ powyżej 1000 kg.  $v = 0,1—0,2 \frac{m}{s.}$

„ „ z woźnicą do 750 kg.  $v = 0,4—0,6$

„ „ wyżej 750 kg.  $v = \text{do } 0,15.$

Spółczynniki sprawności  $\eta$  są następujące:

Podnośniki osobowe od 0,3 — do 0,5.

„ towarowe od 0,25 — do 0,4.

Zwykle buduje się podnośniki osobowe na 2 — 10 k. m.,  
a towarowe do 20 k. m.

*Dźwigi.*

Moc silnika do podnoszenia oblicza się ze wzoru:

$$E = \frac{Q \cdot v}{75 \cdot \eta}$$

Dla dźwigów mostowych i żorawi w giserniach, przy przekładni od silnika ślimakowej i zębatej czołowej —  $\eta = \text{od } 0,55$   
do 0,6, przy podwójnej przekładni zębatej czołowej  $\eta = 0,8—0,85.$

Moc silnika przesuwającego lub obracającego można  
w przybliżeniu obliczyć ze wzoru:

$$E = \frac{(P+p) \cdot v}{75 \cdot \eta}$$

$P = 25$  kg. na tonnę przesuwanej lub obracanej wagi.

$$p = \frac{Q+G}{g} \cdot \frac{2v}{t},$$

$v$ —średnia szybkość,  $t$  czas, w ciągu którego miało miejsce przyspieszenie ruchu = od 3 do 4 sek.  $\eta = \text{od } 0,6$  do 0,65.

Dla przykładu podaję tablicę ważniejszych danych dla dźwignic mostowych o trzech silnikach:

Siła nośna. kg.	Podnoszenie.		Przesuwanie mostu.		Przesuwanie wózka.	
	Szybkość.	moc silnika.	Szybkość.	moc silnika.	Szybkość.	moc silnika.
3000	6,0 $\frac{m}{min.}$	7k.	90 $\frac{m}{min.}$	7k.	30 $\frac{m}{min.}$	1 k.
7500	4,5	12	80	12	30	2
15000	3,25	16	65	12	25	3
50000	1,75	35	50	26	15	12

## 2. Silniki do pomp.

Oznaczenia: Q — ilość wody w m<sup>3</sup>, podnoszona w ciągu ednej minuty,

h -- wysokość ssania w m (najwyżej 8 m),

h' — wysokość (podnoszenia) ciśnienia w metrach słupa wody,

h'' — wysokość strat na tarcie w rurach, w metrach słupa wody,

η — współczynnik sprawności:

dla pomp łukowych 0,75 — 0,85.

„ „ „ odśrodkowych 0,30 — 0,60.

E — moc silnika w koniach mechanicznych.

H = h + h' + h''.

$$E = \frac{Q \cdot H}{70 \cdot 60 \cdot \eta} \cdot 1000.$$

h'' oblicza się podług podanej niżej tablicy, w której za-  
leżnie od średnicy rury i od szybkości wody podany jest opór  
10-ciu metrów prostej rury lub 10-ciu zakrzywień.

Wewnętrzna średnica rury mm.	Szybkość wody w metr. na sek.										
	0,5	0,75	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5	3,0	5,0
40—50	0,7	1,5	2,4	3,4	4,4	5,6	6,7	8,6	13,0	18,0	47,0
60—70	0,5	1,0	1,7	2,4	3,2	4,0	4,8	6,1	9,2	13,0	34,0
80—90	0,4	0,8	1,4	1,9	2,5	3,1	3,7	4,7	7,1	10,0	26,0
100—125	0,3	0,6	1,0	1,5	1,8	2,2	2,7	3,4	5,1	7,5	19,0
150—175	0,2	0,4	0,7	1,0	1,3	1,6	1,9	2,5	3,7	5,2	14,0
200—225	0,15	0,3	0,5	0,7	1,0	1,2	1,5	1,9	2,9	4,1	11,0
250—275	0,13	0,27	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,3	3,3	9,0
300—325	0,11	0,23	0,38	0,5	0,7	0,9	1,0	1,3	2,0	2,8	7,0
350—375	0,10	0,20	0,35	0,45	0,6	0,8	0,9	1,1	1,7	2,5	6,0
400—425	0,08	0,18	0,29	0,40	0,5	0,7	0,8	1,0	1,5	2,2	5,6
450—475	0,08	0,16	0,26	0,35	0,46	0,6	0,7	0,9	1,4	2,0	5,0
475—500	0,08	0,14	0,23	0,32	0,42	0,5	0,6	0,8	1,3	1,8	4,4

## 3. Silniki do przewietrzników.

Wielkość przewietrznika oblicza się zwykle podług ilości wyciąganego lub wtłaczanego powietrza.

Przy obliczaniu ilości powietrza niezbędnego dla rozmaitych lokali w celu przewietrzania, posługujemy się zwykle następującymi praktycznymi danymi:



W biurach, szkołach i salach publicznych trzeba zmieniać powietrze od 2 do 3 razy na godzinę, w tkalniach, przędzalniach i restauracjach od 3 do 4 razy na godzinę, w więzieniach, szpitalach, pralniach, farbiarniach od 6 do 10 razy na godzinę, w młynach, tartakach, szlifierniach i t. p. od 10 do 15 razy na godzinę, a w fabrykach chemicznych do 60 razy na godzinę.

Dane dotyczące najczęściej używanych przewietrzników podają w dwóch tablicach:

Liczba obrotów na minutę	1600	1100	2000	1800	1650	1480	1250	1100	1020
Moc silnika k. m.	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	1,5	2,5	4	6
Ilość powietrza dostar. na min. w m <sup>3</sup>	7—10	12—15	15—20	20—30	30—40	45—60	65—80	90—120	120—160
Największe ciśn. w mm słupa wody	15	40	60	50	70	90	100	110	125

Przewietrzniki śrubowo-odsrodkowe:

E — moc silnika w koniach mechanicznych, W — wydajność w m<sup>3</sup> na minutę, N — liczba obrotów na minutę, S — spręż (ciśnienie) w mm słupa wody.

E	W	N	S
0,11—3,02	18,9—844,2	960—106	10
0,30—7,88	26,2—1169,8	1360—150	20
0,46—12,46	28,6—1272,2	1670—190	30
0,88—25,94	36,2—1611,5	2150—240	50
1,64—47,3	44,6—1986,6	2630—290	75
2,42—72,39	51,9—2310,0	3050—340	100

#### 4. Silniki dla warsztatów mechanicznych.

Silniki stosowane najczęściej do maszyn pomocniczych, obrabiających metale i drzewo, mają moc od 0,5 do 6 k. m.; tylko dla bardzo dużych wypada stosować 10 i więcej koni.

W drobnym przemyśle, u rzemieślników znajdują najczęściej zastosowanie silniki od 0,5 do 4-ch koni; wyjątkowo 6 do 8 koni.

Mając maszynę, do której trzeba zastosować silnik elektryczny, można określić w przybliżeniu moc silnika w następujący sposób: zmierzyć wagą sprężynową na któremkolwiek kole siłę, niezbędną do poruszania maszyny, normalnie obciążonej, podług tej siły i średnicy koła obliczyć moment obracający  $D$  w kgm.; moc silnika w koniach wypadnie  $E$  według wzoru:

$$E = \frac{D \cdot 2\pi \cdot n}{75 \cdot 60 \cdot \eta}$$

gdzie  $n$ —liczba obrotów powyższego koła na minutę,  $\eta$ —spółczynnik sprawności przekładni od osi silnika do powyższego koła. Spółczynnik sprawności dla pojedynczej zwykłej przekładni zębatej albo pasowej może być liczony od 0,9 do 0,95, dla przekładni ślimakowej od 0,5 do 0,85, a dla wyjątkowo dokładnie wykonanej i dobrze smarowanej około 0,9.

Przy projektowaniu układu silników elektrycznych w fabrykach i warsztatach należy mieć na względzie współczynniki sprawności pędni mechanicznych. Odpowiednie pomiary wskazują że: pędnia dwustopniowa, całkowicie obciążona, ma współczynnik wydajności około 0,65, trójstopniowa—0,50, dwustopniowa obciążona do  $\frac{3}{4}$  całego obciążenia — 0,60, a do  $\frac{2}{3}$  całego obciążenia—0,55. Gdy pędni tych niema, skutkiem zastosowania silników elektrycznych, to dla przeniesienia energii wypadają współczynniki wydajności większe, a mianowicie: 0,73 przy pełnym obciążeniu, 0,70 przy  $\frac{3}{4}$  i 0,68 przy  $\frac{2}{3}$ .

Nie trzeba również zapominać o dogodnościach stosowania silników elektrycznych, wynikających z łatwości dobrania odpowiedniej liczby obrotów, niezależności jednych maszyn od drugich, umożliwienia utrzymania w zakładach większej czystości i ułatwienia dostępu światła.

Tylko ze względu na zaoszczędzenie kosztów urządzenia, można czasem łączyć pędnią takie maszyny, które zawsze pracują jednocześnie, i ustawiać dla nich jeden wspólny silnik.

## ROZDZIAŁ V.

### E l e k t r o w n i a.

#### 1. Wyznaczenie obciążenia elektrowni.

Zużycie mocy prądu przez lampy żarowe określa się wprost podług ilości świec i rodzaju lamp, znając zużycie watów na świecę. Jeżeli napewno niewiadomo, jakie lampy będą używane, węglowe czy metalowe, to należy oczywiście prowadzić obliczenie dla lamp węglowych.

Zużycie mocy prądu w lampach łukowych przeprowadza się dla poszczególnych grup lamp, połączonych w szereg, w następujący sposób.

Mamy napięcie w sieci prądu stałego 220 V , łączymy w szereg cztery lampy 10 amperowe, w takim razie zużycie mocy prądu w tej grupie czterech lamp, łącznie ze wszystkimi stratami, będzie:  $220 \times 10 = 2200$  watów.

Przy prądzie zmiennym postępujemy w taki sam sposób, jeżeli oporami dodatkowymi są zwykłe oporniki bezindukcyjne, gdy zaś w miejsce oporników są dławniki indukcyjne, to liczbę otrzymaną z powyższego obliczenia trzeba pomnożyć przez 0,8, ponieważ napięcie i prąd nie są w fazie, a przez to moc wypada mniejszą od iloczynu.

Moc prądu, zużywana przez silniki elektryczne, oblicza się podług wzoru:

$$W = \frac{E \cdot 736}{\eta \cdot 1000}$$

W — moc prądu w kilowatach, E moc silnika w koniach mechanicznych,  $\eta$  współczynnik sprawności silnika.

Współczynniki sprawności silników, najczęściej używanych, wyrażone w procentach, podane są poniżej w zależności od rodzaju prądu, mocy silnika i liczby obrotów na minutę=n.



E	Rodzaj prądu	n=3000	n=1500	n=1000	n=750	n=500	n=250	n=125
1/4	{ stały.	62—65	65—70	63—67	63—67	60—66	—	—
	{ trójfaz.	62—65	65—70	68—70	—	—	—	—
1	{ stały.	68—72	75—78	72—75	71—74	68—71	—	—
	{ trójfaz.	72—75	76—82	76—80	75—77	—	—	—
10	{ stały.	80—84	84—86	85—87	84—86	83—85	—	—
	{ trójfaz.	85—88	86—88	86—87,5	85—87	82—85	—	—
100	{ stały.	—	88—90	99—91	91	91	90	88
	{ trójfaz.	89—92	92—93,5	91—93	92	91,5	88	85

Do obliczonej w ten sposób mocy prądu dla oświetlenia i dla silników należy dodać straty w sieci i w transformatorach, o ile one są przy prądzie zmiennym.

Jeżeli urządzenie oświetlenia i przenoszenia siły obejmuje teren niewielki, naprz. jeden dom lub kilka domów, znajdujących się w pobliżu jeden od drugiego, to w takim razie sieć buduje się bez przewodników zasilających i strata mocy w tej części sieci, która zasila tylko światło lub światło i silniki, przyjmuje się od 1,5 do 2,5%, przy lampach metalowych do 3%. W tej części sieci, która zasila tylko silniki, straty można przyjąć od 5 do 8%.

Należy więc całą moc pochłanianą przez silniki i lampy rozdzielić na dwie części i do jednej z nich dodać niższy procent, a do drugiej wyższy.

Jeżeli sieć jest większa i ma punkty zasilające i wtórną sieć rozdzielczą, to do strat poprzednio obliczonych należy jeszcze dodać straty w przewodnikach zasilających; straty te wynoszą od 10 do 15% największego obciążenia. Przy przenoszeniu energii prądami zmiennymi wysokiego napięcia można w odpowiednich okolicznościach stosować straty 2 do 5%.

Stratę energii w transformatorach, stosownie do obciążenia, można określić podług współczynnika sprawności. Współczynnik sprawności transformatorów przy mocy od 0,5 do 100 kw. i pełnym obciążeniu bezindukcyjnym waha się w granicach od 0,92 do 0,98; przy obciążeniu indukcyjnym współczynnik jest o kilka procent mniejszy. Przy zmniejszeniu obciążenia do czwartej części pełnego, współczynnik zmniejsza się do 0,82—0,95.

Obliczone na zasadzie powyższych wskazówek największe obciążenie elektrowni, które odpowiada pełnemu obciążeniu, wszystkich silników i wszystkim lampom, nigdy w rzeczywistości nie zdarza się, ponieważ nigdy wszystkie silniki nie pracują przy pełnym obciążeniu, a wszystkich lamp nie włącza się jednocześnie.

Jako największe obciążenie elektrowni należy uważać pewien procent od powyżej obliczonego, stosownie do następujących danych praktycznych.

Największe obciążenie lampami w odsetkach od mocy pochłanianej przez wszystkie ustawione lampy wynosi:

W hotelach i restauracjach . . . . .	.25 - 75%
„ sklepach . . . . .	80%
„ fabrykach i warsztatach . . . . .	65—80%
„ mieszkaniach . . . . .	15—30%
„ szpitalach . . . . .	30%
„ biurach i bankach . . . . .	80%
„ teatrach dużych . . . . .	60—70%

Największe obciążenie silnikami można przyjąć dla elektrowni fabrycznych od 70 do 80% łącznej normalnej mocy wszystkich silników. W elektrowniach miejskich wogóle można zmniejszyć ten procent do 50-ciu, a od obciążenia małymi silnikami można przyjmować nawet 30%.

Przy prądzie zmiennym, oprócz obciążenia elektrowni w kilowatach, trzeba jeszcze wiedzieć obciążenie w kilowoltamperach, ponieważ dynamomaszyny i transformatory co do wielkości swojej wybierane są podług kilowoltamperów.

Jeżeli sieć jest obciążona tylko lampami żarowymi, to liczba, wyrażająca obciążenie elektrowni w kilowoltamperach równa się liczbie wyrażającej obciążenie w kilowatach. Obciążenie lampami łukowymi i silnikami w kilowoltamperach należy obliczać w następujący sposób: dla lamp łukowych iloczyn napięcia przez prąd daje wprost woltampery, a dla silników znajdziemy kilowoltampery z kilowatów, dzieląc kilowaty

przez  $\cos \varphi$ , który dla najczęściej używanych silników może być przyjęty przy tym obliczeniu taki, jak wskazany w tablicy:

Moc silnika		$\cos \varphi$
do	2 koni	0,6—0,7
od 2	„ 5 „	0,75
„ 5	„ 12 „	0,8
„ 12	„ 40 „	0,82
„ 50	„ 100 „	0,85

Dla znalezienia rzeczywistego, największego obciążenia elektrowni w kilowoltamperach należy ogólną sumę zmniejszyć stosownie do wyżej podanych odsetek.

Oprócz największego obciążenia elektrowni konieczną jest rzeczą wyznaczyć na podstawie warunków jej pracy prawdopodobne krzywe obciążenia elektrowni zimą i latem, w dzień powszedni i w święto. Krzywe te wyrażają zwykle obciążenie w kilowatach, w zależności od czasu, dla 24 godzin.

## 2. Określenie mocy i rodzaju dynamomaszyn i akumulatorów w elektrowni.

Rozważę trzy wypadki. Pierwszy—elektrownia stałego prądu bez akumulatorów, drugi—elektrownia stałego prądu z akumulatorami i trzeci elektrownia prądu trójfazowego.

W małych elektrowniach prądu stałego, dla uniknięcia kłopotliwej obsługi akumulatorów, ustawia się tylko dynamomaszyny, które zawsze są w ruchu, kiedy potrzebne jest światło lub siła. W tych wypadkach najczęściej ustawia się jedną dynamoszynę, której moc równa się największemu zapotrzebowaniu prądu \*). Aby zabezpieczyć dostarczanie

---

\*) Dobrą dynamoszynę można właściwie przełączyć o 25% w ciągu  $\frac{1}{2}$  godziny, ale na to nie należy liczyć, ponieważ zawsze można spodziewać się rozszerzenia projektowanych urządzeń.



prądu bez przerwy, można na wypadek zepsucia się jednej dynamomaszyny ustawić jeszcze drugą zapasową (rezerwę) tej samej mocy. Dynamomaszyny muszą być, oczywiście, bocznikowe z regulatorami napięcia, za pomocą których można było by utrzymać na końcówkach dynamomaszyny stałe napięcie o kilka procent wyższe, niż w sieci przy wszystkich obciążeniach od zera aż do przeciążenia o 15%.

Gdy obciążenie elektrowni waha się bardzo znacznie i takie duże wahania następują niespodzianie, to należy stosować maszyny sprzężone, które samoczynnie utrzymują stałe napięcie na końcówkach, przez wzmacnianie pola magnetycznego głównym prądem, przepływającym w dodatkowych uzwojeniach elektromagnesów.

W elektrowni prądu stałego z akumulatorami moc dynamomaszyn i pojemność akumulatorów wybiera się podług wykresów obciążenia w ten sposób, aby dynamomaszyny jak najdłużej pracowały przy normalnem obciążeniu, a akumulatory były całkowicie wykorzystane.

Na dziennym wykresie największego obciążenia elektrowni należy odciąć ostre wzniesienia i pozostałą moc przyjąć jako normalną moc dynamomaszyn elektrowni; następnie należy wyznaczyć czas pracy dynamomaszyn w ciągu doby i sprawdzić czy energii, wyładowanej z baterii w czasie bezczynności prądnic i przy zwiększeniu się obciążenia elektrowni ponad normalną moc dynamomaszyn, będzie odpowiadać energia ładowania w czasie małego zapotrzebowania prądu. Praca na ładowanie powinna przewyższać o 25% energię wyładowaną.

Jeżeli w elektrowni na kilkaset koni zapotrzebowanie jest bardzo zmienne w zależności od pory roku i godziny dnia, to należy ustawić kilka dynamomaszyn wybranych w ten sposób aby pracowały jak najdłużej przy normalnem obciążeniu, ponieważ wtedy otrzymamy najlepszy współczynnik wydajności z zespołów składających się z silnika i dynamomaszyny.

Przy kilku zespołach można zaopatrzyć taniej elektrownię w zespół zapasowy, który był by czynny tylko wtedy; gdy jeden z nich zepsuje się.

Akumulatory najlepiej brać w miarę możliwości równe co do mocy jednej z dynamomaszyn; wtedy stanowią one także zapasowe źródło energii chociaż na czas krótki, ale natomiast stale są przyłączone do sieci i samoczynnie dostarczają prądu w wypadku zepsucia się jednej z prądnic.

Wogóle jednak wielkość akumulatorów wybiera się podług największej liczby amperogodzin wyładowania, jaka może być potrzebną w danych warunkach pracy elektrowni.

Liczbę tę znajdziemy, obliczając wyładowane amperogodziny w najciemniejszy dzień grudniowy, lub też w takie święta, kiedy przewiduje się zatrzymanie dynamomaszyn na jeden albo kilka dni.

Prąd normalny i wymiary poszczególnych ogniów akumulatorów, najczęściej u nas stosowanych, podane są w następującej tablicy:

Akumulatory Tudor'a.

Typ	l	l'	a	b	c
I1	9	3,5	80	215	295
I2	18	7,5	130	215	295
I3	27	11	180	215	295
I4	36	14,5	215	230	295
I5	45	18,0	215	280	295
I6	54	22	215	195	505
I8	72	29	215	260	505
I10	90	36,5	215	260	505
I12	108	43,5	215	295	505
I14	126	51	215	345	505
I16	144	58	215	395	520
I18	162	65	215	435	520
I20	180	73	455	335	605
I24	216	87	455	375	605
I28	252	102	455	420	605
I32	288	116	465	470	605
I36	324	131	465	510	605
I40	360	145	465	550	605

I -- prąd wyładowujący w ciągu 3 godzin (tym samym prądem można ładować), I' -- prąd wyładowujący w cią-

gu 10 godzin, a—długość, b—szerokość, c—wysokość naczyń. Gdy chodzi o mniejszy koszt przy ustawieniu bateryi i o łatwość rozszerzenia w przyszłości, to można brać naczynia większego typu i umieszczać w nich układ płyt o mniejszej pojemności.

Dynamomaszyny w elektrowni z akumulatorami powinny być przystosowane do ładowania akumulatorów. Jeżeli chodzi o to, aby urządzenie było możliwie prostsze i jeżeli można znaleźć czas na ładowanie akumulatorów wtedy, gdy obciążenie elektrowni nie przewyższa 20% mocy akumulatorów, to należy ustawić takie dynamomaszyny, które można było by stosować wprost do ładowania akumulatorów. Napięcie tych maszyn można podnosić za pomocą regulatora bocznikowego o 50% przy obniżeniu prądu obciążenia do  $\frac{2}{3}$  normalnego.

W tym wypadku, kiedy obciążenie elektrowni w czasie ładowania akumulatorów ma być dowolne w granicach mocy dynamomaszyn, to stosować należy dynamomaszyny dodatkowe, najlepiej poruszane silnikiem elektrycznym. Moc maszyny dodatkowej w kilowatach oblicza się podług wzoru:

$$0,001. 0,78. n. I.$$

n — oznacza tu całkowitą liczbę ogniw bateryi, a I — normalny prąd ładujący. Napięcie dynamomaszyny dodatkowej powinno zmieniać się za pomocą regulatora w uzwojeniu elektromagnesów w granicach od  $0,32 \cdot n$  do  $0,92 \cdot n$ .

Elektrownie prądu trójfazowego powinny mieć dynamomaszyny obliczone na największe możliwe obciążenie w kilowolt-amperach, ponieważ ogrzewanie się części elektrycznych tych maszyn zależy nie od mocy obciążenia, ale od siły prądu, która przy tej samej mocy może być różna, zależnie od przesunięcia fazy prądu względem napięcia.

W elektrowniach na kilkaset koni należy dzielić całą moc elektrowni na kilka maszyn, szczególnie jeżeli obciążenie nie jest stałe, a zmienia się znacznie w rozmaitych porach roku i w rozmaitych godzinach dnia. Nie należy również zapominać w razie potrzeby o rezerwie.

Do wzbudzania dynamomaszyn prądu trójfazowego najdogodniej jest mieć na tym samym wale małą prądnicę prądu stałego, niezależną dla każdej dynamomaszyny prądu trójfazowego. Tylko w wielkich elektrowniach stosuje się do wzbudzania akumulatory, które jednocześnie zasilają nieraz sieć oświetlenia elektrowni i rozmaite przyrządy pomocnicze.

Oporniki w obwodach elektromagnesów powinny dawać możność utrzymania napięcia o kilka procent wyższego od na-



pięcia sieci przy przeciążeniu o 15%, i normalnem przesunięciu fazy, przepisaniem przez fabrykę.

Wybierając na podstawie powyższych danych dynamomaszynę z katalogu, należy stosować w miarę możliwości typy odkryte, jako tańsze i dogodniejsze do obsługi, o ile oczywiście, nie stoją na przeszkodzie inne względy w związku z miejscowymi warunkami.

Liczbę obrotów prądnic należy przystosować do rodzaju silnika poruszającego.

Moc dynamomaszyn można wybierać albo najbliższą mniejszą, albo też większą od tej, jaka wypada z obliczenia. Jak postąpić, decyduje, popierwsze sposób obliczenia mocy a mianowicie, czy obliczenie było przeprowadzone bardzo skrupulatnie i oszczędnie, czy też z pewną nadwyżką, a powtóre przypuszczenie co do rozwoju urządzenia w przyszłości, a mianowicie: czy obciążenie elektrowni nie może się już więcej zwiększyć, czy też przeciwnie należy się spodziewać rozszerzenia.

Przestrzeń zajmowaną przez ważniejsze typy zwykle używanych dynamomaszyn podaję tu w następujących czterech tablicach.

1. Dynamomaszyny prądu stałego do popędu pasowego. W — moc w kilowatach, n — liczba obrotów na minutę przy napięciu od 115 V do 320 woltów, a — szerokość, b — długość wzdłuż wału, łącznie z kołem pasowym, c — wysokość. Wymiary w mm.:

W	n	a	b	c
2—2,5	1750—2200	470	510	410
2,5—3	1640—1950	500	540	430
4—5	1600—1900	560	620	490
6—8	1570—1940	610	730	540
9—11	1540—1940	650	820	580
12—19	1250—1600	800	1040	740
27—33	1150—1400	900	1230	870
31—50	890—1140	840	1460	1050
52—82	785—1000	1000	1680	1260
95—115	680—830	1130	1960	1390
110—135	620—760	1190	2180	1510
140—170	570—690	1250	2630	1620
175—215	510—630	1340	2940	1780
215—265	460—570	1520	3140	1860

2. Dynamomaszyny prądu stałego do bezpośredniego połączenia z wałem silnika za pomocą sprzęgła tarczowego. Wymiary—b — uwzględnia połowę sprzęgła i łożysko zewnętrzne; e — najwyższe napięcie przy danej liczbie obrotów na minutę, inne oznaczenia, jak w poprzedniej tablicy.

W	n	e	a	b	c
2,5—6	1000—850	230 - 250	500—640	520—620	640—850
8—16	780—610	280—340	590—730	600—730	810—990
20—70	570—310	360—500	740—1190	760—1040	1010—1480
80—90	290—270	530—540	1220 1330	1050—1080	1500—1590
100—150	240—190	560—600	1380—1600	1110—1240	1520—1720

3 i 4. Dynamomaszyny prądu trójfazowego do popędu pasowego. e—napięcie. Inne oznaczenia, jak w tablicy dla dynamaszyn prądu stałego z kołem pasowym.

Liczba obrotów na minutę — 1000.

W	e	a	b	c
5—8	115—530	730	1070	780
10—15	115—1050	940	1190	920
25—35	115—2100	1150	1420	1100
40—55	115—3150	1220	1570	1170
70—85	230—4000	1440	1680	1360
150—130	230—5250	1440	1800	1360

Liczba obrotów na minutę 750.

W	e	a	b	c
12—16	115—1050	940	1220	920
20—30	115—2100	1080	1340	1000
30—40	115—3150	1150	1480	1100
50—60	115—4000	1280	1640	1170
70—110	115—5200	1440	1860	1360

### 3. Wybór silników poruszających dynamomaszyny.

Wybierając silniki dla elektrowni, należy kierować się przedewszystkiem dążeniem do osiągnięcia możliwie niskiej sumy wydatków na wytwarzanie kilowatgodziny, w pewnych wypadkach rozstrzygającym czynnikiem jest jednak prostota obsługi i największa pewność działania silników.

Tam, gdzie można zużytkować spadek wody bez zbyt wielkiego nakładu na urządzenia wodne, będzie oczywiście turbina wodna pod każdym względem najodpowiedniejszym silnikiem. W innych wypadkach wybór pomiędzy parową maszyną a motorami spalinowymi o paliwie ciekłym i paliwie gazowym jest trudniejszy. Tylko rachunek szczegółowy oparty na cenach miejscowych może rozstrzygnąć, który silnik będzie najoszczędniejszy. U nas w Warszawie najoszczędniejsze są silniki Diesel'a lub z gazem ssanym.

Obsługa jest najdogodniejszą przy silnikach spalinowych z paliwem ciekłym, a najprostszą obsługa wolno chodzącej maszyny parowej, trudniejszą już jest znacznie przy silniku z gazem ssanym; bardzo dokładnej i umiejętnej obsługi wymagają silniki Diesel'a.

Zestawiając cechy rozmaitych silników, należy jeszcze zwrócić uwagę na to, że silniki spalinowe nigdy tak równo nie chodzą i nie regulują dopływu czynnika poruszającego, jak maszyny parowe.

Wobec tego w elektrowniach znajdujących się zdala od wielkich środowisk przemysłowych, a nawet i w większych



fabrykach najodpowiedniejsze są silniki parowe mianowicie tam gdzie węgiel nie jest drogi. Przy znacznej cenie węgla należy stosować gaz ssany lub zwykle silniki o paliwie ciekłym. W środowiskach przemysłowych gdzie łatwiej o odpowiednie obsługę stosują się silniki Diesel'a.

Do poruszania dynamomaszyn prądu trójfazowego należy unikać stosowania silników spalinowych, a to ze względu na trudność utrzymania stałego napięcia w sieci i łączenia równoległego dynamomaszyn pomiędzy sobą.

Turbiny parowe mają zastosowanie usprawiedliwione przede wszystkim w elektrowniach o prądzie trójfazowym, szczególnie zaś w elektrowniach bardzo dużych, zwykle od 1000 koni, one także wymagają umiejętnej obsługi.

Silniki powietrzne mają małe zastosowanie, ponieważ pracują nierówno i z nieprzewidzianymi przerwami.

Moc silników do poruszania dynamomaszyn określa się podług normalnej mocy dynamomaszyny, uwzględniając jej współczynnik sprawności i straty w przekładni.

$$E = \frac{W \cdot 1000}{736 \cdot \eta \cdot \eta'}$$

E—moc silnika w koniach mechanicznych.

W—moc prądnicy w kilowatach.

$\eta$ —współczynnik sprawności dynamomaszyny.

$\eta'$ —współczynnik sprawności przekładni od silnika do dynamomaszyny.

Dla pojedynczej przekładni pasowej można liczyć  $\eta'$  od 95 do 98%.

Współczynniki  $\eta$  podajemy w dwóch tablicach \*):

I — dla dynamomaszyn połączonych z silnikiem za pomocą pasa.

II — dla dynamomaszyn sprzęgniętych bezpośrednio z wałem silnika.

---

\*) Tablice te są podane podług Uppenborn'a, u R. Goldschmidt'a „Die normalen Eigenschaften elektrischer Maschinen“ dla prądu stałego liczby są trochę większe o 1 do 2%. Przy obliczaniu mocy silników potrzebnych do poruszania dynamomaszyn pewniej będzie prowadzić obliczenia podług danych przytoczonych w tablicach.

Przy prądzie trójfaz. liczba okresów na sekundę 50 i  $\cos\varphi=1$ .  
Straty energii na wzbudzenie włączono.

I.

Moc w kw.	Rodzaj prądu	n=3000	n=1500	n=1000	n=750	n=500	n=250
1	stały	72%—76%	73—78	72—77	72—76	71—74	71
	trójfazowy	—	73—77	—	—	—	—
10	stały	—	85—86,5	85—87	84—86	83—85	82—83
	trójfazowy	—	85—87	83—85	—	—	—
50	stały	—	88—89	89—91	89—90,5	89—90	88—90
	trójfazowy	—	—	89—91	89—91	89—91	—
100	stały	—	89—90,5	90—91	90,5—91,5	89,5—91	89—90
	trójfazowy	—	—	91—92	91—92	91—92	89—91
250	stały	—	89—90	91—92	91,5—92,5	92—93	92—92,5
	trójfazowy	—	—	93—94	93—94	93—94	92—93,5
500	stały	—	—	88—89	90—93,5	91—93,5	92—93
	trójfazowy	—	—	—	93—94,5	93,5—94	93—94,5

II.

Moc w kw.	Rodzaj prądu	n=500	n=250	n=150	n=125	n=94	n=75
10	stały	84—86	82—94	81—83	80—82	79—81	77—80
	trójfazowy	—	—	—	—	—	—
50	stały	89,5—91,5	89—90	88—89	87—88	86—87	84—96
	trójfazowy	90—91	—	—	—	—	—
100	stały	90—92	89,5—91,5	89—91	88—90	87—89	86—87
	trójfazowy	90—92	89,5—91,5	88—90	87—90	86—88	85—86
250	stały	92,5—93,5	92—93	91—92	91—92	90—92	89—91
	trójfazowy	92,5—94	92—93,5	91,5—94,9	91—92	91—92	90—92
500	stały	93—94	93—94	93	92—93	91—93	91—93
	trójfazowy	93,5—95	93,5—94,5	93—94	93—94	92—93	92—93

Podług mocy, obliczonej na podstawie powyższych danych, wybiera się najodpowiedniejszy silnik. Uwzględnić należy, że maszynę parową można z łatwością przeciążyć o 50%, natomiast silniki spalinowe mogą dać przy przeciążeniu moc nieznacznie większą od normalnej. Można więc maszynę parową brać o mocy jak najbliższej do obliczonej, natomiast silnik spalinowy lepiej zastosować trochę większy np. w stosunku 1,3 mocy powyższej. Unikać jednak trzeba stosowania silników zbyt dużych, ponieważ pracując stale przy obciążeniu znacznie niższym od normalnego, będą one zużywać dużo paliwa na kilowatgodzinę.

#### *Kotły parowe.*

W elektrowniach najczęściej używane są kotły wodnorurkowe o powierzchni ogrzewalnej od 10 do 350 m<sup>2</sup>, albo płomienicowe o powierzchni ogrzewalnej od 30 m<sup>2</sup> do 100 m<sup>2</sup>. Najczęściej stosowane ciśnienia wynoszą od 8 do 10 atmosfer.

Kotły płomienicowe o dużej pojemności wody są odpowiednie tam, gdzie obciążenie jest szybko zmienne, miejsca jest dosyć i wymagana jest obsługa prosta.

Kotły wodnorurkowe stosują się w tym wypadku, jeżeli trzeba szybko otrzymać parę, miejsca jest mało i nieco utrudniona obsługa nie gra roli.

Wielkość kotłów oblicza się podług zużycia pary (patrz dalej maszyny parowe) i wydajności kotła. Z jednego metra kwadratowego powierzchni ogrzewalnej kotła wodnorurkowego można otrzymać: od 10 do 15 kg. pary, a w kotle płomienicowym od 15 do 25 kg.

Przybliżone wymiary kotłów podane są dalej przy omawianiu planu elektrowni; pozatem można znaleźć powierzchnię, zajęta przez kocioł w planie, z następujących danych.

Dla kotłów płomienicowych z jedną płomienicą wypada od 0,5 do 0,6 m<sup>2</sup> pola planu zajętego przez kocioł na 1 metr kwadratowy powierzchni ogrzewalnej, dla kotłów z dwoma płomienicami — od 0,45 do 0,5 m<sup>2</sup>, a przy kotłach wodnorurkowych, najczęściej używanych, zależnie od budowy, należy liczyć od 0,125 do 0,175 m<sup>2</sup>.

#### *Silniki parowe.*

Najodpowiedniejsze niewielkie silniki parowe są leżące sprzężone o podwójnej ekspansji, jeżeli mało jest miejsca, to można zastosować silniki stojące. Silniki powinny być zaopatrzone w ciężkie koła rozpędowe; spólczynnik jednostajności biegu powinien znajdować się w granicach od  $\frac{1}{150}$  do  $\frac{1}{300}$ . Dopuszczalne wahania szybkości biegu przy raptownem zmniej-



szeniu pełnego obciążenia o 25%, wynoszą 2%, a przy zupełnym odciążeniu 5%.

Silniki poruszające dynamomaszyny trójfazowe, które mają być łączone równolegle, powinny być zaopatrzone w urządzenie, za pomocą którego można byłoby zmienić liczbę obrotów o 5% przy biegu silnika pod stałym obciążeniem.

W dalszym ciągu podaję tu tablicę, w której są zestawione ważniejsze dane dotyczące zwykle używanych maszyn parowych:

E—moc normalna w koniach mechanicznych.

n—liczba obrotów na minutę.

a, b, h, długość, szerokość i wysokość miejsca potrzebnego dla silnika parowego w mm. (wysokość leżących jest liczona podług koła rozpedowego, a stojących podług cylindrów). Głębokość fundamentu może wynosić od 3 do 4 m, zależnie od wielkości silnika i własności gruntu.

p—zużycie pary suchej w kg. na koniogodzinę, w przypuszczeniu stosowania kondensacyi; ciśnienie pary żywej 10 at.

Silniki leżące sprzężone, podwójnej ekspansyi.

E	n	p	T a n d e m.			Dwukorbowe.		
			a	b	h	a	b	h
50	150	7,5	5000	2400	1900	—	—	—
75	135	7,3	6000	3000	2000	4500	4000	2000
100	125	7,1	7000	3500	2100	5000	4250	2100
150	125	7,0	7500	3750	2200	5500	4500	2200
200	100	6,9	7500	4000	2600	5500	4750	2600
300	90	6,8	8000	4500	3000	6200	5000	3000
400	90	6,7	9000	4500	3200	7000	5250	3200
500	85	6,6	9000	4500	3600	7000	5500	3600

Silniki stojące, sprzężone, podwójnej ekspansyi.

E	n .	p	a	b	h
50	200	7,7	2400	2400	2600
75	200	7,5	2400	2400	2750
100	190	7,3	2800	2800	3000
150	180	7,1	3200	3000	3400
200	165	7,0	3800	3600	3700
300	150	6,9	4500	4200	4100
400	135	6,8	4800	4800	4400
500	125	6,7	5250	5100	5000

Silniki parowe bez kondensacji, jednocylindrowe zajmują mało cc inniej miejsca, a zużywają znacznie więcej pary.

Dla takich silników mocy do 20 koni należy liczyć przy 7—8 atm. od 28 do 19 kg. pary na koniogodzinę, a dla mocy od 20 do 100 koni z podwójnym suwakiem od 19 do 15 kg.

W jednocylindrowych z kondensacją od 50 do 100 koni zużycie pary na koniogodzinę wynosi od 13 do 12 kg.

Gdy jest zapewniona umiejętna obsługa to szczególnie przy prądzie trójfazowym można stosować turbiny parowe.

W następnej tablicy podaję wymiary przestrzeni potrzebnej dla ustawienia turbin Laval'a: a—długość, b—szerokość, h—wysokość przy rozmaitej mocy—E; pozatem wskazana jest liczba obrotów — n i zużycie pary—p w kg na koniogodzinę przy zastosowaniu kondensacji; dla danej mocy p waha się w podanych granicach, w zależności od ciśnienia pary od 6 do 20 atm. i od dokładności próżni.

E	p	n	a	b	h
5	13,5—16,3	3000	920	550	800
10	11,0—14,1	2400	1030	650	1000
20	9,0—11,6	2000	1350	730	1100
50	8,0— 0,3	1500	2290	980	1360
75	8,0—10,3	1250	2750	1040	1320
100	7,4—9,5	1050	3210	1320	1460
200	7,4—9,1	850	3590	1600	1700
300	7,2—8,6	750	4070	1950	1800

W tych wypadkach, gdy chodzi o szybkie wykonanie urządzenia i o zaoszczędzenie na wydatkach budowlanych, można stosować lokomobile.

Zużycie pary na koniogodzinę w dobrych lokomobilach nie jest większe od zużycia w maszynach zwykłych, a dane co do miejsca potrzebnego do ustawienia znajdują się dalej, gdzie jest mowa o planie elektrowni.

#### *Silniki spalinowe.*

Najważniejszą rzeczą przy silnikach spalinowych używanych w elektrowni jest dobra regulacja dopływu paliwa i koło rozpedowe odpowiednich wymiarów; zwykle wymaga się przy pędzeniu dynamomaszyn prądu stałego współczynnika jednostajności biegu —  $\frac{1}{70}$  \*), a przy pędzeniu dynamomaszyn trójfazowych, które mają być łączone równolegle, —  $\frac{1}{300}$ .

\*) Taki współczynnik nie wystarczy jeżeli dynamo ma pracować bez akumulatorów, w tym razie konieczny jest spólc.  $\frac{1}{150}$  do  $\frac{1}{200}$ .



Wymiary budynków, potrzebne do ustawienia silników o gazie ssanym i innych, podane są dalej, gdzie jest mowa o planie elektrowni, tutaj przytaczamy dane co do silników Diesel'a.

E—moc w koniach mechanicznych, k—liczba cylindrów, n—ilość obrotów na minutę, D—średnica koła rozpedowego, a, b, h—długość wzdłuż wału, szerokość i wysokość, g—głębokość fundamentu, v—objętość fundamentu w m<sup>3</sup>,—inne wymiary w metrach.

E	k	n	D	a	b	h	g	v
8	1	270	1,60	1,7	2,0	1,9	1,3	5,5
10	1	255	1,80	1,8	2,2	1,9	1,4	7
12	1	250	1,90	1,9	2,4	2,0	1,5	8,5
15	1	235	2,10	2,3	2,6	2,2	2,0	12,5
30	1	195	2,64	2,7	3,2	2,7	2,3	21
50	1	170	3,10	3,3	3,6	3,3	2,6	31
100	1	160	3,50	4,3	4,0	4,2	3,4	80
30	2	235	2,10	3,1	2,6	2,2	2,0	17
50	2	205	2,50	3,5	3,0	2,6	2,2	26,5
80	2	180	2,90	4,1	3,4	3,0	2,5	44,5
100	2	170	3,10	4,2	3,6	3,3	2,7	56,0
140	2	160	3,30	4,9	3,8	3,7	3,0	79,0
200	2	160	3,50	5,2	4,0	4,2	3,4	115
300	2	155	3,85	6,5	4,4	5,0	4,0	200
450	3	155	3,85	7,5	4,4	5,0	4,1	220
500	4	155	3,70	8,2	4,2	4,5	3,8	235

Silniki jedno i dwucylindrowe mają podane wymiary dla popędu pasowego, natomiast trzy i czterocylindrowe dla bez-

pośredniego sprzęgnięcia z dynamomaszyną. Silniki z trzema cylindrami buduje się, po za wskazanymi w tablicy, na rozmaite moc od 150 do 600 koni, a z czterema cylindrami od 200 do 800 koni.

### *Silniki wodne.*

Z silników wodnych do poruszania dynamomaszyn najodpowiedniejsze są turbiny, które zwykle buduje się na dosyć znaczną szybkość biegu, a więc nie wymagają takiej wielokrotnej przekładni do dynamomaszyny, jak koła wodne i mają wyższy współczynnik sprawności (za wyjątkiem wysokich kół nasiębiernych). Moc turbiny w koniach mechanicznych można obliczać według wzoru:

$$E = \frac{1000 \cdot H \cdot Q \cdot \eta}{75}$$

E—moc, H—wysokość spadku wody, Q ilość wody przepływająca na sekundę w metrach sześciennych,  $\eta$ —współczynnik sprawności=0,75.

Przy spadkach wody małych—do 3 m, stosuje się obecnie najczęściej radialne turbiny reakcyjne (Francis'a) z regulacją obracającymi się łopatkami. Wał stojący, przekładnia stożkowa 1 : 3, najwyżej 1 : 5; jeżeli szybkość wału jeszcze jest zbyt mała, to daje się drugą przekładnię pasową lub linową. Koło turbinowe ustawia się mniej więcej na środku całej wysokości spadku, którego połowa wyzyskuje się przez ciśnienie, a połowa przez ssanie.

Przy spadkach wody średnich do 10 m. stosuje się takie same turbiny, jak w wypadku poprzednim, ale, o ile tylko się da, wał ustawia się poziomo, turbina zamyka się oponą i przekładnię daje się linową lub pasową. Przy bardzo dużych jednostkach możliwe jest stosowanie sprzęgania wału turbiny bezpośrednio za pomocą sprzęgła sprężystego z wałem dynamomaszyny.

Przy spadkach do 100 m. — zawsze wał leżący, wodę doprowadza się kanałami zamkniętymi albo rurami; od 6 do 7 metrów pozostawia się na ssanie.

Przy spadkach po nad 100 m. stosuje się podwójne turbiny reakcyjne, albo częściej turbiny odrzutne, wtedy koło łopatkowe obsadza się wprost na przedłużonym wale dynamomaszyny.

Regulatory automatyczne turbin muszą utrzymywać stałą szybkość z dokładnością do 2% przy zmianie obciążenia o 20%.

Przy małych urządzeniach regulatorów automatycznych zwykle nie stosuje się, zwłaszcza jeżeli są akumulatory.

Gdy akumulatorów niema, to zamiast regulatorów mechanicznych można stosować elektryczne, które, obciążając dynamomaszyny np. oporami wodnemi, wyrównywiają wahania obciążenia w sieci.

Dla przybliżonego zorientowania się w wymiarach najczęściej stosowanych u nas turbin wodnych podaję średnicę wirnika —  $D$  w mm, przy danej ilości obrotów wału na minutę —  $n$ , mocy w k. m. —  $E$ , przepływie wody w litrach na sekundę —  $Q$  i wysokości spadku w metrach —  $h$  (Turbiny Francis).

$D.$	$n$	$E.$	$Q.$	$h.$
400—700	55—300	0,5—50	100—970	0,5—5,0
500—600	64—240	1,7—76	34—1510	0,5—5,0
700—900	43—154	3,3—122	660—3045	0,5—4,0
1000—1200	32—101	6,6—177	1320—5060	0,5—3,5
1300—1500	51—72	20—218	2740—7300	0,75—3,0

#### *Silniki wietrzne.*

Wiatraki stosują się prawie wyłącznie do poruszania dynamomaszyn prądu stałego, połączonych równolegle z akumulatorami. W urządzeniu elektrycznym powinny być przewidziane przyrządy, włączające automatycznie dynamomaszynę wtedy, gdy napięcie na niej osiągnęło dostateczną wysokość i wyłączające gdy prąd ładujący zmniejszy się do zera.

Tarcza wiatraka powinna być ustawiona na wieży w ten sposób aby jej dolna krawędź znajdowała się o 2 m wyżej po nad otaczającymi budynkami i większymi kępami drzew. Moc wiatraka w koniach mechanicznych, w zależności od średnicy tarczy i szybkości wiatru, podana jest w następującej tablicy.



Średnica tarczy w m.	Szybkość wiatru w metr. na sek.			
	4 m.	5 m.	6 m.	7 m.
4	0,3	0,6	1,0	2,0
6	0,8	1,5	2,3	4,1
8	1,3	2,5	4,1	7,8
10	2,0	4,0	7,0	12,5
12	3,1	6,0	10,0	18,5
14	4,0	7,2	12,5	24,0
20	7,5	14,0	26,0	44,0

W środkowej Europie, zdala od morza, w ciągu 8 godzin na dobę szybkość wiatru wynosi przeciętnie od 4 do 5 m., a na brzegu morza od 5 do 6 m.

Praktycy podają następujący wzór dla obliczenia mocy wiatraków:

$$E = \frac{S \cdot V^3}{1250}.$$

E—moc w koniach, S—cała powierzchnia skrzydeł w m<sup>2</sup> i V—szybkość wiatru w m. na sek.

#### 4. Plan elektrowni.

Wybierając miejsce na elektrownię, należy mieć na względzie następujące okoliczności: przewodniki odprowadzające prąd z elektrowni powinny być jak najkrótsze, dowóz paliwa i wywożenie popiołu musi być dogodne, wyziewy szkodliwie działające na maszyny nie powinny przenikać do elektrowni, a dym z kotłów lub wydmuch z silni-

ków nie powinien zanieczyszczać powietrza w lokalach mieszkalnych, wstrząśnienia i wogóle odgłosy wywoływane silnikami nie powinny dostawać się do mieszkań, biur i t. p.

Pozatem należy mieć na względzie łatwość rozszerzania elektrowni.

Ten wzgląd ostatni szczególnie jest ważny przy rozmieszczaniu maszyn, kotłów i t. p.

W planie elektrowni należy przewidzieć następujące oddzielne pomieszczenia: salę maszyn, kotłownię lub pomieszczenie dla generatorów gazu, następnie, jeżeli są akumulatory, to dla nich oddzielny pokój i wreszcie chociaż niewielki pokój na skład narzędzi i podręczny warsztat ślusarski; w większych elektrowniach często oddzielne pomieszczenie przeznaczają się dla pomp i kondensacji \*), a pozatem za tablicą rozdzielczą jest sala rozdzielcza dla niektórych przyrządów i wszystkich przewodników wychodzących z elektrowni; — takie pomieszczenie jest niezbędne przy wysokim napięciu. Zapas opału zwykle przechowuje się w oddzielnej szopie, lub wprost bez pokrycia na otwartem powietrzu.

Zestawiając plan rozkładu powyższych lokali, trzeba starać się z jednej strony o dogodną komunikację pomiędzy nimi, a z drugiej strony należy zapewnić szelne odosobnienie niektórych z powyższych lokali, a mianowicie pokoju akumulatorowego (niezbędne podwójne drzwi) i gazowni.

Pozatem trzeba starać się aby rurociągi i przewodniki elektryczne były możliwie krótkie, szczególnie rury i przewodniki grube, a cały układ był możliwie prosty.

Wreszcie do wszystkich bez wyjątku lokali elektrowni należy zastosować wymaganie dobrego oświetlenia i dobrej wentylacji. Szczególnie jednak należy zwrócić uwagę na przewietrzanie pokoju akumulatorów.

### *Kotłownia,*

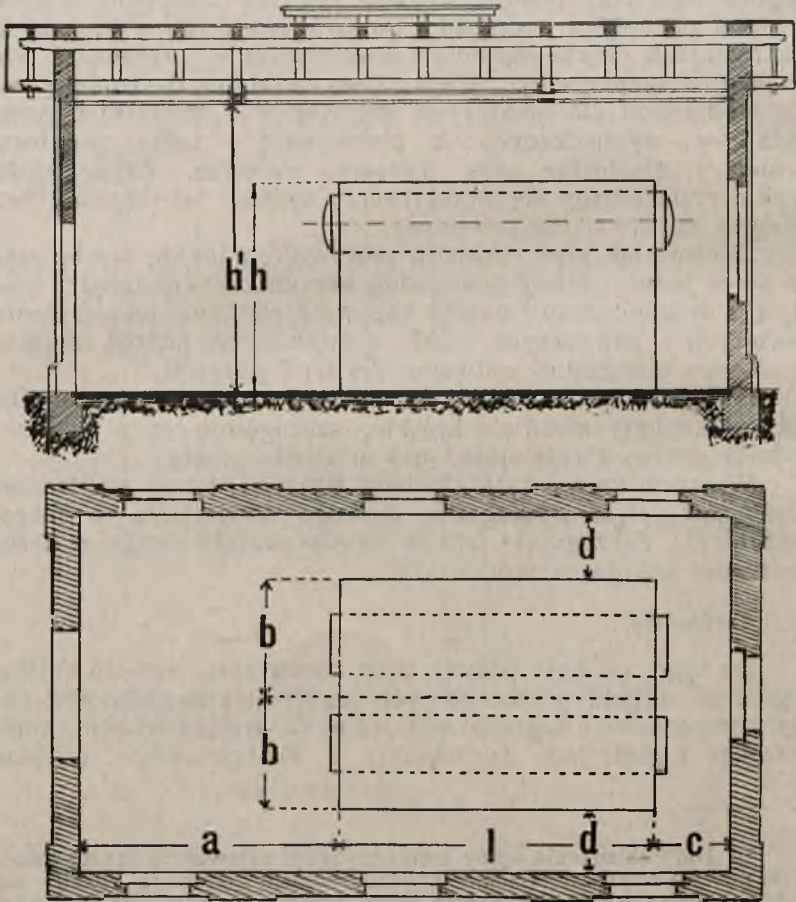
Do tego, co było podane przy omawianiu wyboru kotłów i ogólnego układu poszczególnych części elektrowni, dodać należy konieczność uwzględnienia wolnych przejść wokoło kotła (przejście 1 metr jest za wąskie) i dostatecznego miejsca

---

\*) Dla ochładzania wody kondensacyjnej ustawia się często chłodnię w postaci wieży drewnianej z przegródkami, o które rozbija się spadająca z góry woda. Chłodzenie wody odbywa się naturalnym ciągiem powietrza. Dla ustawienia takiej chłodni należy przewidzieć miejsce po 0,55 m<sup>2</sup> na konia mechanicznego mocy silników parowych.

przed kotłem dla palacza, posługującego się nieraz długimi drągami. Przy projektowaniu kotłowni trzeba mieć na względzie przepisy państwowe danego kraju dotyczące ustawiania kotłów (patrz „Technik“ T. I str. 1049). Rozkład rur i zaworów powinien być taki aby wszystkie części były łatwo dostępne i widoczne.

Nie należy zapominać o odpowiedniej pochyłości rur, o odwadnianiu i o kompensatorach umożliwiającym wydłużanie się rur. Wskazówki szczegółowe co do wymiarów kotłowni podają w dwóch tablicach, rys. 6 (wymiarów w metrach).



rys. 6.



Dla kotłów wodnorurkowych \*).

Powierzchnia ogrzewalna (pod wodą) w m <sup>2</sup>	Ciśnienie w atm.	a	b	c	d	l	h	h'
20	10—12	2,5	1,50	1,50	1,2	3,2	3,0	5,0
30	„	3,7	1,75	1,50	1,3	4,5	3,4	5,5
50	„	4,1	2,00	1,50	1,4	5,0	3,6	5,5
75	„	4,7	2,25	1,50	1,5	5,7	3,8	6,0
100	„	4,9	2,50	1,75	1,6	6,0	4,0	6,0
125	„	5,1	2,75	1,75	1,7	6,3	4,2	6,0
150	„	5,2	3,00	1,75	1,8	6,5	4,4	6,5
200	„	5,4	3,30	2,00	2,0	6,8	4,6	6,5
250	„	5,5	3,60	2,00	2,2	7,0	4,8	6,8
300	„	5,5	4,00	2,00	2,4	7,0	5,0	7,0

Dla kotłów płomienicowych.

Powierzchnia ogrzewalna (pod wodą) w m <sup>2</sup>	Ciśnienie w atm.	a	b	c	d	l	h	h'
20	8—10	3,0	2,4	1,0	1,0	6,0	2,0	4,5
30	„	3,2	2,5	1,1	1,1	6,5	2,1	4,5
40	„	3,5	2,7	1,2	1,2	7,0	2,2	5,0
50	„	3,8	2,9	1,3	1,3	7,5	2,3	5,0
60	„	4,0	3,1	1,4	1,4	8,0	2,4	5,0
75	„	4,5	3,3	1,5	1,5	9,0	2,5	5,5
90	„	5,0	3,5	1,5	1,5	10,0	2,5	5,5

\*) Przy kotłach najnowszych konstrukcyi podane wymiary mogą być nieco zmniejszone.

Wymiary zwykle używanych kominów podaję tu w dwóch tablicach:

Kominy murowane.

Powierzchnia ogrzewalna kotła w m <sup>2</sup> .	Wysokość komina m.	Średnica w świetle.		Średnica zewnątrzna.		C o k ó ł.	
		u góry m.	u dołu m.	u góry m.	u dołu m.	szer. m.	wys. m.
30	16	0,6	1,0	0,9	1,6	3,0	2,1
40	18	0,6	1,0	0,9	1,7	3,2	2,3
50	20	0,65	1,1	1,0	1,8	3,4	2,5
60	22	0,7	1,2	1,1	2,0	3,6	2,6
80	24	0,8	1,3	1,2	2,2	3,8	3,0
100	26	0,9	1,5	1,3	2,4	4,1	3,2
130	28	1,0	1,7	1,4	2,7	4,4	3,4
170	30	1,1	1,9	1,5	3,0	4,7	3,9
200	32	1,2	2,0	1,7	3,2	5,0	4,1
250	34	1,3	2,2	1,8	3,5	5,3	4,5
290	36	1,4	2,4	1,9	3,8	5,6	4,8
350	40	1,5	2,6	2,1	4,1	6,0	5,1
400	43	1,6	2,8	2,2	4,4	6,4	5,4
500	46	1,8	3,2	2,4	4,9	6,8	5,9
650	50	2,0	3,5	2,8	5,2	7,2	5,3

Kominy żelazne stosuje się rzadko, wtedy tylko gdy trzeba mieć komin prędko, lekki i wytrzymały na wstrząśnienia.

Kominy żelazne.

Powierzchnia ogrzewalna kotła m <sup>2</sup> .	Średnica. m.	Wysokość. m.	Średnia grub. blachy mm.
5	0,28	13	4,8
10	0,39	16	5,0
15	0,46	20	5,0
30	0,62	23	5,5
45	0,76	26	5,8
65	0,87	29	6,0
90	1,00	32	7,0
125	1,15	36	7,7

*Sala maszyn.*

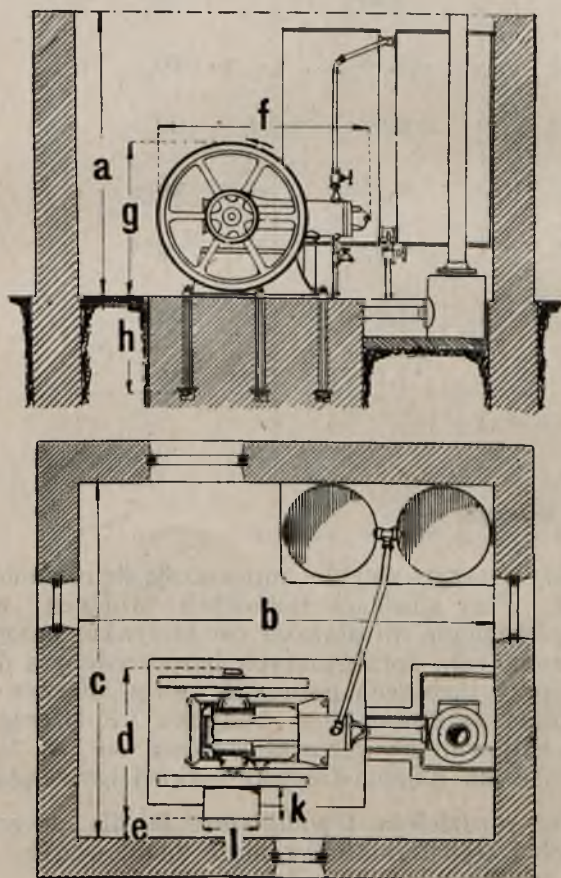
Zespoły maszyn zwykle umieszczają się równolegle względem siebie. Przy silnikach tłokowych leżących, wały ustawiają się równolegle do dłuższej osi budynku, natomiast przy silnikach stojących, sprzęgniętych bezpośrednio z dynamomaszynami i przy turbinach parowych wały maszyn ustawiają się równolegle do krótszej osi budynku. Położenie silników względem kotłowni lub gazowni wybiera się w taki sposób aby otrzymać jak najdogodniejszy rozkład rurociągów.

Tablica rozdzielcza i pomieszczenie dla przyrządów regulacyjnych i transformatorów może znajdować się w jednym z końców sali maszyn, lub też w środku.



Mając na względzie ułatwienie zaprojektowania sali maszyn, podaję w dalszym ciągu dla rozmaitych silników wymiary budynków, w których można te silniki dogodnie umieścić; przy sposobności w niektórych wypadkach podane są także charakterystyczne wymiary samych silników.

Przedewszystkiem w dwóch tablicach znajdują się dane dotyczące silników spalinowych wyrabianych w Warszawie, w dalszym zaś ciągu są jeszcze trzy tablice, w których wskazują zasadnicze wymiary sali maszyn w niewielkiej elektrowni z jedną dynamomaszyną pędzoną naprzemian silnikiem parowym, lokomobilą i silnikiem spalinowym. We wszystkich tablicach wymiary są w metrach.

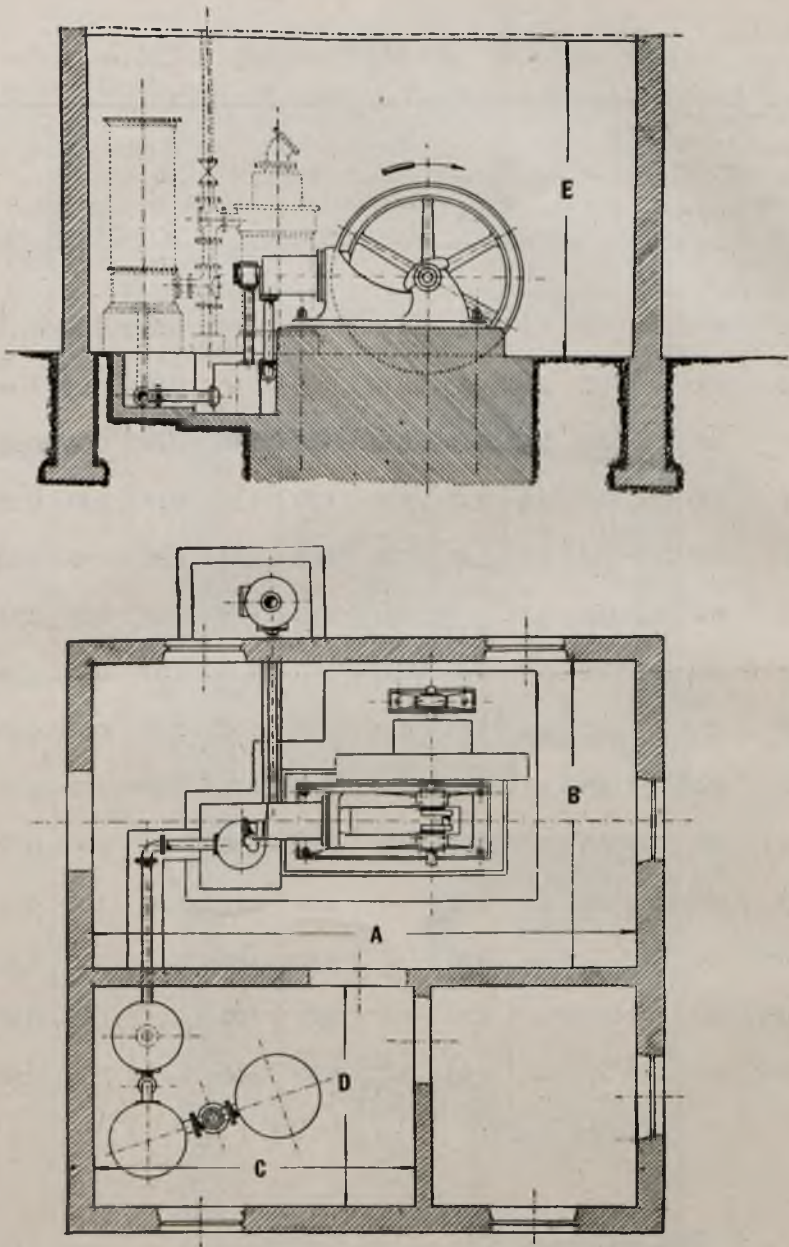


rys. 7.

Silniki spalinowe na paliwo ciekłe — rys. 7.

Moc w k.m.	Liczba obrotów na minutę.	a	b	c	d	e	f	g	h	l	k
1	400	2	2,1	1,7	0,65	0,10	1,05	0,80	0,59	0,20	0,15
3	400	2,5	2,3	2,0	0,80	0,10	1,30	0,95	0,60	0,25	0,16
5	350	2,5	2,6	2,3	1,05	0,15	1,45	1,10	0,70	0,35	0,22
7	320	2,5	3,0	2,6	1,15	0,20	1,70	1,25	0,78	0,40	0,27
10	300	2,9	3,5	3,0	1,40	0,20	1,85	1,35	0,90	0,46	0,33
15	300	2,9	3,8	3,3	1,50	0,21	2,00	1,35	1,00	0,50	0,34
16	280	3,0	4,2	3,5	1,60	0,22	2,15	1,55	1,30	0,56	0,38
20	250	3,0	4,3	4,0	1,85	0,25	2,40	1,75	1,50	0,68	0,45
25	250	3,2	4,3	4,3	2,00	0,28	2,45	1,75	1,50	0,75	0,48
30	250	3,5	5,5	5,1	2,16	0,30	2,70	1,85	1,80	0,86	0,52
40	250	3,5	5,5	6,5	2,21	—	2,90	2,10	1,80	1,00	0,52
50*)	250	—	—	—	3,90	—	2,40	1,60	—	1,12	0,52
60*)	250	—	—	—	4,30	—	2,70	1,70	—	1,22	0,55
80*)	250	—	—	—	4,60	—	3,00	2,00	—	1,35	0,62

\*) Dwu cylindrowe.

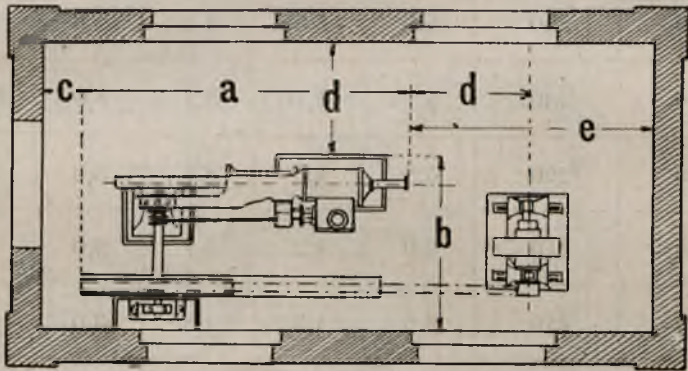
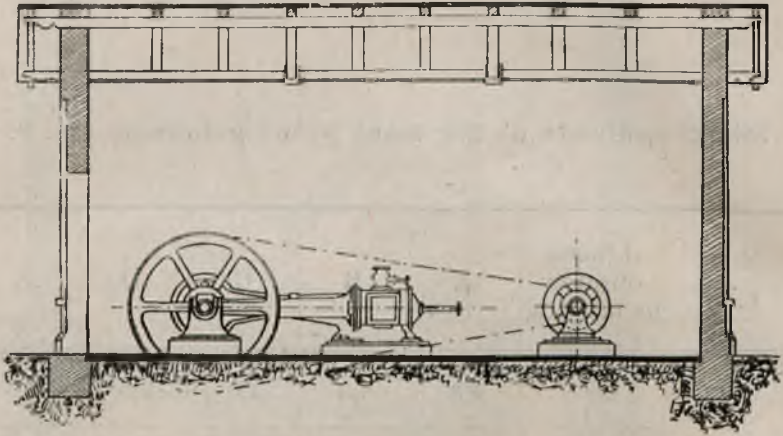


rys. 8.



Silniki spalinowe na gaz ssany wraz z gazownią—rys. 8.

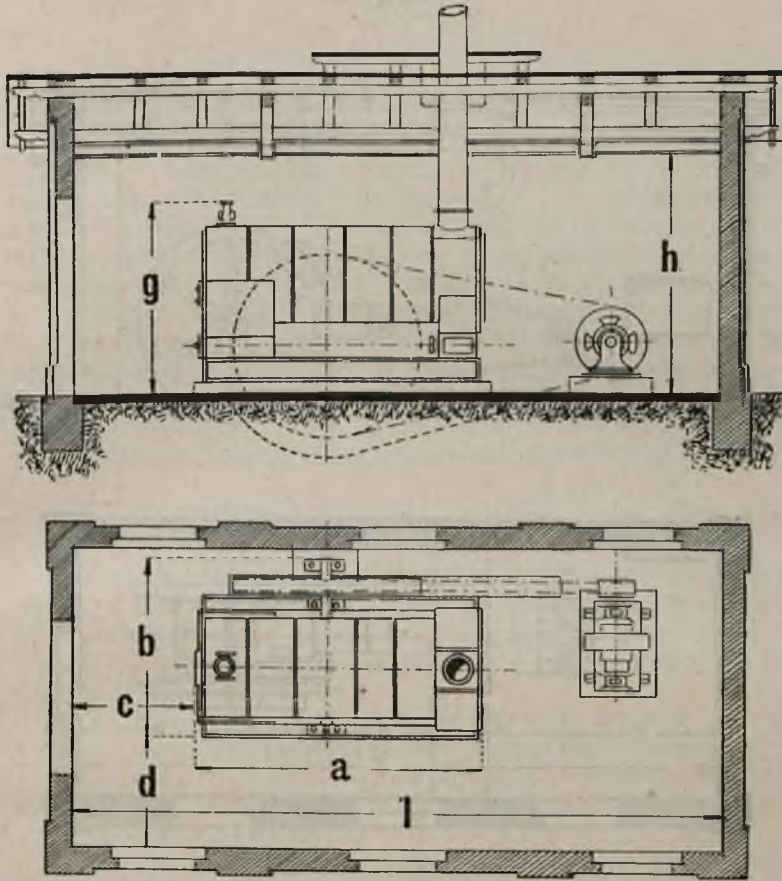
Moc k. m.	Liczba obrotów na minutę.	A	B	C	D	E
10	250	4,3	3,3	3,0	2,5	3,0
15	250	4,6	3,3	3,1	2,5	3,2
20	230	5,0	3,35	3,2	2,6	3,2
30	230	5,1	3,70	3,4	3,0	3,4
40	220	5,2	4,0	3,7	3,0	3,6
50	210	6,0	4,2	3,7	3,0	3,8
65	210	6,8	4,3	4,8	3,0	4,0
85	200	7,5	4,4	6,0	3,0	4,2
100	190	8,4	4,5	7,0	3,2	4,5
125	175	8,5	5,0	8,0	3,5	4,6



rys. 9.

Silniki parowe — rysunek 9.

Moc w k. m.	Ciśnienie pary.	Liczba obrotów na minutę.	a	b	c	d	e
5—8	7—8	200	2,3	1,2	0,5	1,6	3,0
10—13	7—8	190	2,5	1,5	0,5	1,7	3,2
15—20	7—8	180	3,0	1,8	0,5	1,8	3,5
25—35	7—8	160	3,5	2,1	0,6	1,9	3,8
50—65	7—8	150	4,7	2,5	0,6	2,1	4,2
75—90	7—8	140	5,6	3,0	0,7	2,3	4,6
100—120	7—8	125	6,5	3,5	0,8	2,5	5,0

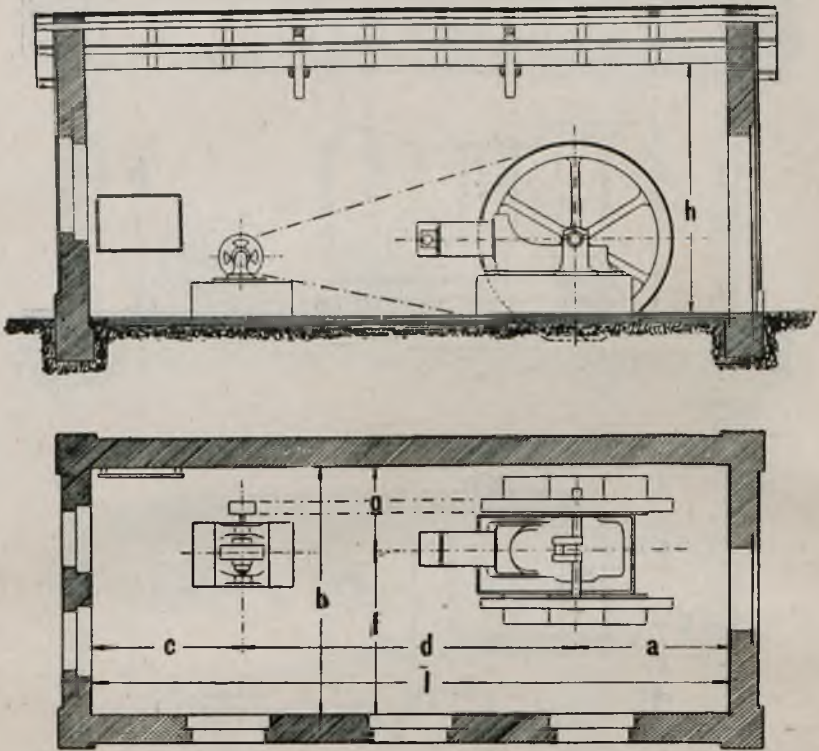


rys. 10.

Lokomobile—rys. 10.

Moc w k. m.	Liczba obrotów na minutę.	a	b	c	d	l	g	h
5—8	200	3,0	2,0	2,5	1,6	10,0	1,5	3,0
10—13	190	3,5	2,2	3,0	1,7	10,5	1,7	3,2
15—20	180	4,0	2,4	3,5	1,8	11,5	1,9	3,4
25—35	160	4,5	2,6	4,0	1,9	12,5	2,2	3,8
50—65	150	5,5	3,5	4,5	2,1	15,0	2,6	4,4
75—90	140	6,0	3,8	5,0	2,3	16,5	3,0	4,8
100—120	125	6,5	4,0	5,5	2,5	18,0	3,5	5,3





rys. 11.

Silniki spalinowe -- rys. 11.

Moc w k. m.	Liczba obrotów na minutę.	a	b	c	d	f	g	h	l
3	250	1,5	2,5	1,5	3,5	1,5	1,0	3,0	6,5
6	240	1,6	2,8	1,6	3,6	1,7	1,1	3,1	6,8
12	200	1,7	3,2	1,8	4,0	1,9	1,3	3,2	7,5
20	200	1,9	3,8	1,8	4,5	2,2	1,6	3,4	8,2
40	180	2,3	4,3	2,0	4,9	2,6	1,7	3,7	9,2
60	180	2,6	4,6	2,1	5,3	2,7	1,9	4,0	10,0
100	160	3,0	5,0	2,3	5,5	2,9	2,1	4,5	10,8

### *Pokój dla akumulatorów.*

Akumulatory ustawiają się możliwie bliżej do tablicy rozdzielczej w oddzielnym, szczelnie zamykanym pokoju. Wymiary pokoju wybierają się stosownie do wielkości, liczby i sposobu ustawienia ogniów. Najlepiej ustawiać ogniwa w jednym poziomie łatwo dostępnym, w wypadkach wyjątkowych ustawiają się małe ogniwa (do 150 amperogodzin) piętrowo w dwóch poziomach. Przy ustawianiu należy mieć na względzie swobodne przejścia (szerokość najmniej 1 metr) i dogodne połączenie poszczególnych części baterii między sobą.

Przy układzie w jednym poziomie wystarcza wysokość pomieszczenia od podłogi do sufitu 2 m. Podłoga najlepsza asfaltowana, a ściany pomalowane farbą wytrzymałą na kwasy.

### 5. Tablica rozdzielcza.

Przystępując do zaprojektowania tablicy rozdzielczej, przede wszystkim trzeba ułożyć plan połączeń w elektrowni. Układów stosowanych w rozmaitych wypadkach jest dosyć dużo, wybrałem kilka najważniejszych, na podstawie których można zestawiać inne pokrewne.

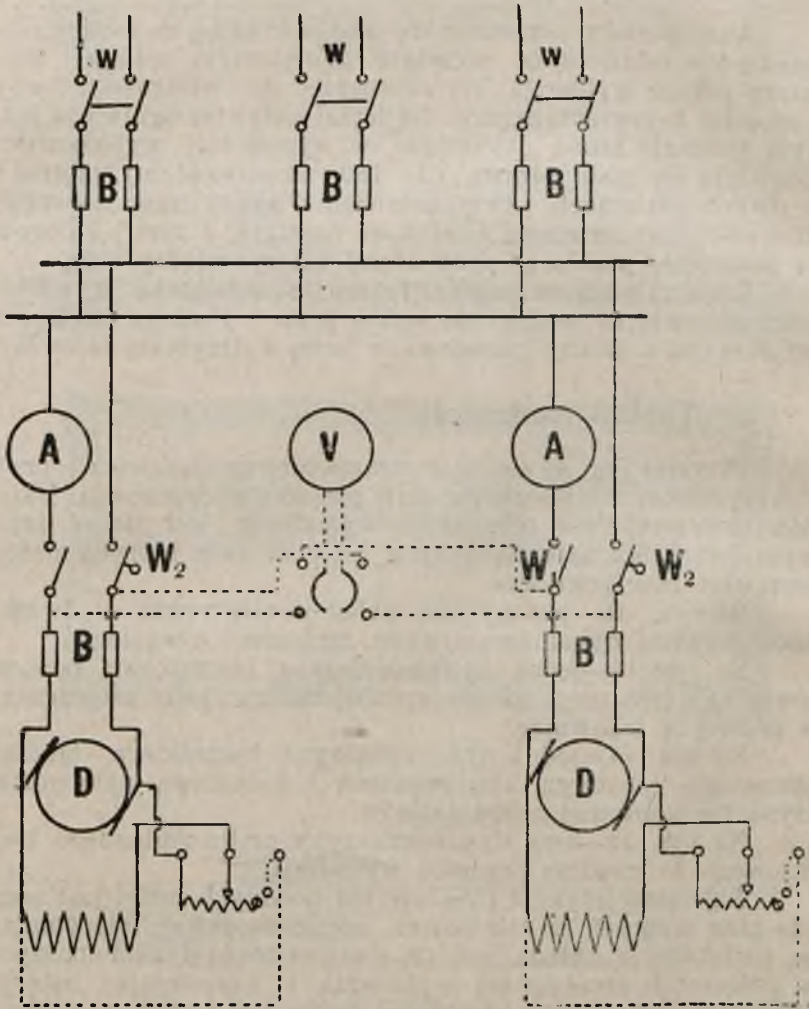
Na rys. 12 podany jest układ w elektrowni z dwoma bocznikowemi dynamomaszynami, łączonemi równolegle.

Na rys. 13—jedna dynamoszyna bocznikowa łączona równolegle z baterią akumulatorów, która jest zaopatrzona w podwójną ładownicę.

Na rys. 14—jedna dynamoszyna bocznikowa, łączona równolegle z baterią akumulatorów i dodatkową dynamomaszyną do ładowania akumulatorów.

Na rys. 15—trzy dynamoszyny prądu zmiennego trójfazowego ze wspólną prądnicą wzbudzającą.

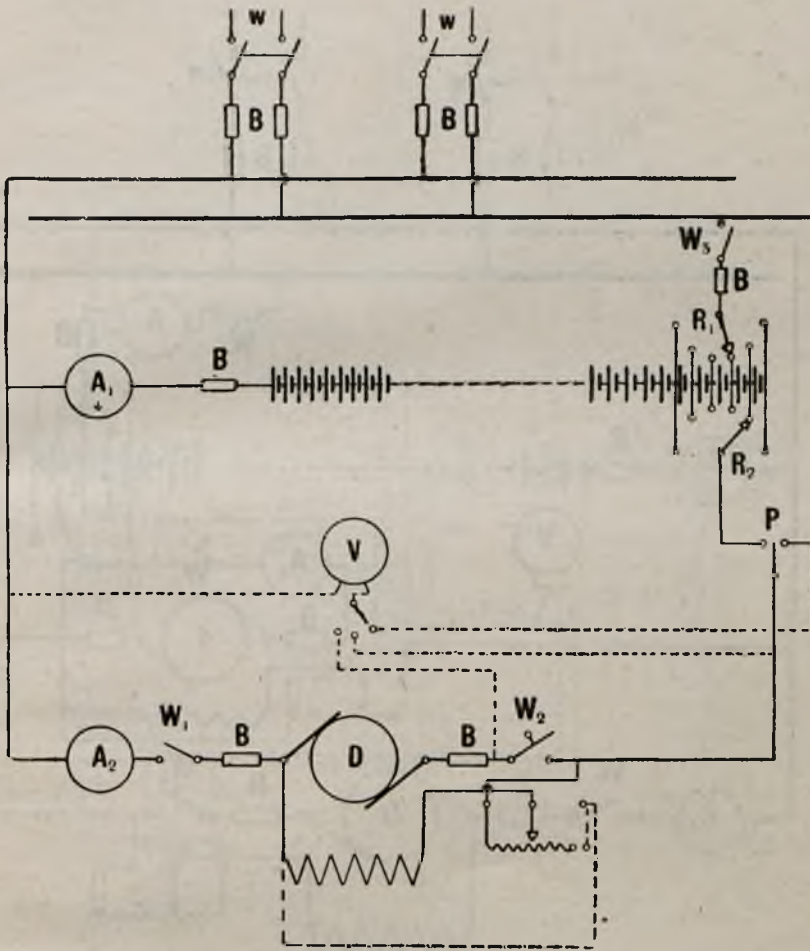
Najważniejszym z układów nie podanych tutaj jest jeszcze plan połączeń w elektrowni trójprzewodowej; otrzymamy go najłatwiej z układu rys. 13, dodając drugą dynamomaszynę w połączeniu szeregowym z pierwszą i uzupełniając baterię akumulatorów, przez podwojenie liczby jej ogniów. Możemy jednak postąpić inaczej, podwoić napięcie dynamoszyny, zwiększyć w dwójnasób liczbę ogniów baterii i odprowadzić przewodnik zerowy (środkowy) od środka baterii; w obydwóch wypadkach trzeba będzie zaopatrzyć baterię akumulatorów na drugim biegunie w drugą ładownicę z dwoma rączkami, a linję prowadzącą prąd od dynamoszyny w drugi przełącznik.



rys. 12.

D, D—dynamomaszyny; A, A — amperomierze; V—woltomierz; B, B—bezpieczniki; w, w—wyłączniki momentalne; W, W—wyłączniki dźwkowe zwykłe;  $W_2, W_2$  — wyłączniki automatyczne minimalne.

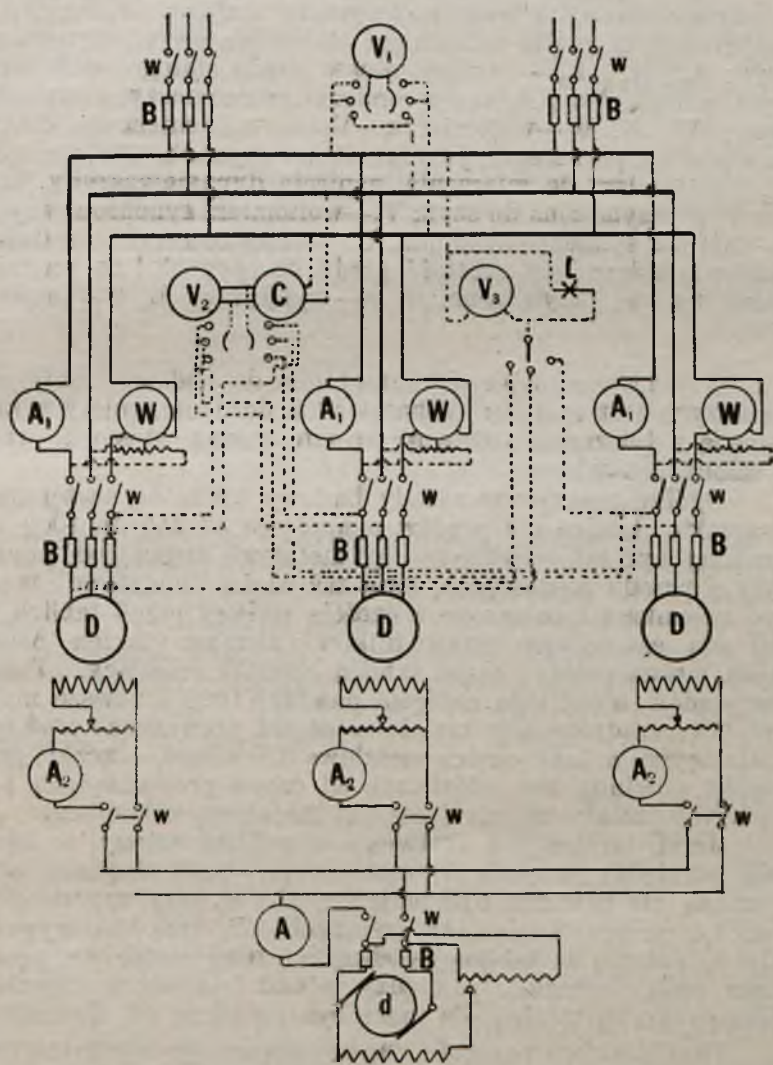




rys. 13.

D — dynamomaszyna;  $A_1$  — amperomierz z zerem pośrodku, do baterji akumulatorów;  $A_2$  — amperomierz dynamomaszyny; V — woltomierz;  $R_1$  — rączka wyładowująca ładownicy akumulaturowej;  $R_2$  — rączka ładująca; P — przełącznik drążkowy; w, w — wyłączniki momentalne;  $W_1$  i  $W_3$  — zwykłe wyłączniki drążkowe;  $W_2$  — wyłącznik automatyczny minimalny, B, B — bezpieczniki.





rys. 15.



D, D, D—dynamomaszyny prądu zmiennego trójfazowego; d—dynamomaszyna bocznikowa prądu stałego;  $A_1, A_1, A_1$ —amperomierze prądu zmiennego do trójfazowych dynamomaszyn;  $A_2, A_2, A_2$ —amperomierze prądu stałego, wskazujące prąd wzbudzający; A—amperomierz dynamomaszyny wzbudzającej; W, W, W—watomierze;  $V_1$ —woltomierz dla kontroli napięcia na poszczególnych fazach na szynach rozdzielczych;  $V_2$ —woltomierz do mierzenia napięcia dynamomaszyny, która ma być przyłączona do szyn;  $V_3$ —woltomierz synchronizacyjny; L—lampka synochronizacyjna; C. — częstościomierz z dwoma skalami, wskazujący częstość prądu na szynach i na prądniczy, która ma być przyłączona; w, w—wyłączniki, B, B—bezpieczniki.

Najodpowiedniejszym materiałem do budowy tablic rozdzielczych jest marmur grubości od 2 do 3 cm. ujęty w ramę żelazną z żelaznami ozdobami; zresztą można stosować ramy i ozdoby drewniane.

Ogólne praktyczne zasady budowy tablic są następujące: wszystkie tablice dla prądów o napięciu od 250 do 1000 V\*) powinny być tak urządzone aby metalowe części pod prądem były z przodu niedostępne, inne zaś części metalowe muszą być uziemione i połączone z częścią podłogi przed tablicą, jeżeli ona jest dobrym przewodnikiem; zamiast takich ostrożności można położyć przed tablicą chodnik izolujący. Tablice dla prądów wysokiego napięcia powyżej 1000 V zawsze muszą być tak urządzone aby metalowe części, prowadzące prąd były niedostępne, a inne części metalowe uziemione,—rączki przyrządów powinny być oddzielone od części prowadzących prąd nie tylko izolatorem, ale i częścią metalową uziemioną.

Jeżeli tablica jest ustawiona w pobliżu ściany, to odległość pomiędzy częściami metalowymi prowadzącymi prąd, a ścianą nie powinna być mniejszą od 1 m. przy nap. do 250 V i od 1,5 m. przy napięciach wyższych. W tym zaś wypadku gdy na ścianie za tablicą są odkryte części metalowe, prowadzące prąd, odległość pomiędzy nimi i takimiż częściami metalowymi za tablicą nie może być mniejszą od 2 metrów.

Przy niskim napięciu zwykle przyrządy miernicze, wyłączniki i bezpieczniki korkowe umieszczają się z przodu ta-

---

\*) Jest to napięcie jakie może mieć przewodnik względem ziemi naprz. przy zupełnem uziemieniu przewodnika przeciwnego biegunu. Do 250 V—nizkie napięcie. po wyżej 250 V—wysokie napięcie.

blicy, bezpieczniki zaś paskowe lepiej jest umieszczać z tyłu na oddzielnych tabliczkach łupkowych (szyfrowych).

Rączkę opornika, regulującego prąd, wzbudzający dynamomaszynę, należy umieszczać na tablicy; ładownicę w małej elektrowni można umocować również na tej samej tablicy, gdy mamy jednak urządzenie większe, to należy przestrzegać zasady dzielenia tablicy rozdzielczej na poszczególne pola, na których grupują się przyrządy, należące do poszczególnych części urządzenia. Zwykle oddzielne pola mają: — każda dynamaszyna, bateria akumulatorów i grupy odgałęzień o jednakowym charakterze.

Układając przyrządy na tablicy należy pamiętać o tem by rączki były łatwo dostępne, przyrządy zaś miernicze widoczne z tych miejsc, gdzie odbywa się regulacja odpowiedniej wielkości: prądu, napięcia i t. p.

Takie przyrządy, które muszą być widoczne z kilku miejsc dość odległych jedno od drugiego, umieszczają się nieraz na ramionach, przymocowanych prostopadle do powierzchni tablicy.

Przy napięciach wysokich najlepiej umieszczać wyłączniki i bezpieczniki swobodnie w specjalnych pokojach, przestrzegając możliwie dokładnie uniemożliwienie krótkiego połączenia. Przy wysokim napięciu zamiast bezpieczników stosują przeważnie wyłączniki maksymalne, które wyłączają dopiero wtedy, gdy przeciążenie trwa dłużej, niż pewien określony przeciąg czasu. Amperomierze i woltomierze przy prądzie zmiennym wysokiego napięcia należy zaopatrywać w transformatory.

Dla uproszczenia połączeń za tablicą, zwykle prowadzi się kilka przewodników równoległych, poziomych (szyny rozdzielcze), które najczęściej robią się z płaskich sztab miedzianych, ustawionych szeroką stroną pionowo. Sztaby te umocowuje się na izolatorach porcelanowych odpowiedniej formy. Przekrój zwykle wybiera się podług największego prądu; przy prądach niewielkich, nie należy brać zbyt małych przekrojów ze względu na wiotkość cienkiej sztabki. Grubość sztabek wybiera się zwykle od 3 do 10 mm stosownie do znajdującej się w handlu miedzi. Przekroje w zależności od największej siły prądu, dla którego jest przeznaczona szyna, można wybrać z tablicy ułożonej według danych praktycznych w ten sposób, że przy małych prądach sztabki są dość sztywne, a przy większych nie ogrzewają się zbyt silnie:



Siła prądu w amperach — 25	50	100	250	500	750	1000	1500
Przekrój w mm <sup>2</sup> — 45	60	80	100	200	325	475	800

Gdy ustawia się kilka szyn równolegle, to należy oddalać je od siebie na odległość, przewyższającą przynajmniej dwukrotnie wysokość szyny.

Druły okrągłe mogą być stosowane przy przekrojach małych i wtedy podlegają ogólnym przepisom dotyczącym przewodników. Przewodniki łączące tablicę rozdzielczą z dynamomaszynami i akumulatorami wybiera się stosownie do obciążenia prądem, patrz tablicę w rozdziale VII-mym, str. 77.

Przewodniki do woltomierzy i wogóle wszystkie przewodniki cienkie na tablicy nie należy brać cieńsze od 1,5 mm<sup>2</sup>, ze względu na wytrzymałość przy wyginaniu i sztywność.

Bezpieczniki paskowe nie należy ustawiać szeroką powierzchnią poziomo,—i trzeba unikać wzajemnego ogrzewania się jednych bezpieczników przez sąsiednie.

Należy także dbać o prosty i łatwy do ułożenia układ przewodników, a również unikać zbytecznych krzyżowań i wyginań.

Wybierając przyrządy dla tablicy rozdzielczej, głównie należy zwracać uwagę na to aby były proste i mocno zbudowane.

Z przyrządów mierniczych w urządzeniach dwu przewodnikowych konieczny jest woltomierz i amperomierze dla dynamomaszyn i akumulatorów. Gdy jest kilka dynamomaszyn dogodniej jest dla każdej mieć woltomierz oddzielny, a poza tem jeden woltomierz z przełącznikiem na wszystkie dynamomaszyny i sieć, z którą on zwykle może być połączony. Powyższy przełącznik jest pożądanym dla kontroli wskazań poszczególnych woltomierzy.

Przy układzie trójprzewodowym potrzebny jest jeszcze jeden woltomierz z przełącznikiem, dla sprawdzania napięcia na obydwóch stronach sieci i podwójne amperomierze dla mierzenia prądu w przewodniku dodatnim i ujemnym. Tam gdzie jest pożądana ścisła kontrola wytworzonej ilości energii należy w liniach dynamomaszyn ustawiać liczniki kilowatgodzin.

Dla kontroli działania akumulatorów w większych elektrowniach ustawiają się liczniki kilowatgodzin, wskazujące energję prądu ładującego i wyładowującego akumulatory.



Tablice dla sieci trójfazowych zaopatruje się zwykle w amperomierze i woltomierze po jednym przyrządzie dla każdej dynamomaszyny, a więc włączone tylko na jedną fazę, dla dokładnej kontroli działania maszyn pozatem jest jeszcze konieczny potrzebny watmetr, włączony również przynajmniej na prąd jednej fazy.

Tam, gdzie są spodziewane większe różnice obciążenia poszczególnych faz, należy umieszczać amperomierze na dwóch fazach, (trzecia ma prąd dopełniający geometryczną sumę dwóch poprzednich do zera). Watmetr zaś musi być podwójny włączony na dwie fazy, lub dwa watmetry oddzielne włączone według znanych układów. Woltomierz należy zaopatrzyć w przełącznik dla umożliwienia kontroli napięcia na poszczególnych fazach.

Jeżeli jest kilka prądnic, które trzeba łączyć równolegle, to na tablicy umieszczają się lampki i woltomierz z przełącznikiem dla uzgodnienia faz; wielkiem ułatwieniem przy tem są również przyrządy wskazujące szybkość biegu poszczególnych maszyn (naprz. z szeregiem stalowych sprężynek, przyciąganych elektromagnesami, przez które płynie prąd z odpowiedniej dynamomaszyny).

Dla kontrolowania obwodu wzbudzającego można wprowadzić amperomierz, lecz nie jest on konieczny.

Gdy chodzi o utrzymanie stałego napięcia w sieci trójfazowej przy gwałtownych zmianach obciążenia, to stosują się często regulatory automatyczne np. Tirril'a.

Przewodniki, prowadzące prąd z elektrowni należy zaopatrywać w bezpieczniki dwubiegunowe i wyłączniki również dwubiegunowe, a przynajmniej jednobiegunowe; amperomierze ustawiają się tylko w linjach z jakichkolwiek względów ważniejszych. Jeżeli w sieci są punkty zasilające, to należy w miarę możności mieć w elektrowni woltomierze dla kontrolowania napięcia w poszczególnych punktach zasilających i amperomierze dla sprawdzania prądu w przewodnikach zasilających.

Gdy elektrownia zasila długie (setki metrów) przewodniki powietrzne, to należy umieszczać w elektrowni piorunochrony oddzielne dla każdej linii, po jednym przyrządzie na każdym drucie, wychodzącym z elektrowni, o ile jednak poszczególne linje są krótkie, to wystarczy jedna wspólna grupa piorunochronów po jednym na każdym biegunie. W przewodniku piorunochronowym konieczne są opory.

Uziemienia powinny być oddzielne dla każdego bieguna. Drut uziemiający łączy się z płytą żelazną cynkowaną, albo

miedzianą o powierzchni 1 m<sup>2</sup> (grubość żelaznych 5 mm, miedzianych 2 mm), zakopaną w ziemię stale wilgotną; jeżeli warstwy ziemi wilgotne są zbyt głęboko, to należy na małej głębokości ułożyć promieniami szereg drutów miedzianych długości od 3 do 6 m.

Oprócz tego elektrownie, pracujące prądami wysokiego napięcia od 1000 V, szczególnie jeżeli linje są kablowe, zaopatrują się w przyrządy ochronne od zwyżki napięcia, a obwody niskiego napięcia w bezpieczniki napięciowe dla uniknięcia niebezpieczeństwa dostania się prądu wysokiego napięcia do obwodu niskiego napięcia.

---

## ROZDZIAŁ VI.

### Wybór transformatorów.

Przy stosowaniu wysokich napięć prądu zmiennego wypada nieraz podnosić napięcie przy przesyłaniu prądu na znaczne odległości, lub obniżyć napięcie przy wprowadzeniu prądu do silników, lamp łukowych i żarowych. Napięcie prądu, przy przenoszeniu energii na znaczne odległości, wybiera się w ten sposób aby koszty budowy, utrzymania linii i transformatorów w odpowiednim stanie i straconej energii razem wzięte były jak najmniejsze. Zwykle przy długości linii kilku kilometrów, stosuje się napięcie kilka tysięcy volt, a przy długości kilkadziesiąt kilometrów kilkadziesiąt tysięcy volt. Moc transformatorów zasilających poszczególne silniki elektryczne lub niewielkie grupy lamp, albo pojedyncze lampy wybiera się ściśle podług mocy prądu przepływającego przez powyższe przyrządy. Tam jednak gdzie jeden transformator zasila prądem znaczną liczbę lamp i silników, należy stosować współczynniki podane wyżej przy obliczeniu mocy dynamomaszyn w elektrowni, uwzględniając w ten sposób tą okoliczność że nigdy wszystkie silniki nie będą jednocześnie zupełnie obciążone, a lampy nie będą razem się palić. Transformatory stale przyłączone do sieci powinny mieć małe straty w żelazie.

Miejsce potrzebne dla ustawienia transformatorów można wyznaczyć w przybliżeniu na podstawie następujących danych. Wymiary przestrzeni potrzebnej dla transformatora podane są w tablicy, jako wysokość i średnica cylindra w metrach.

#### Transformatory trójfazowe.

Moc w KW.	2,5—5	7,5—10	15—20	30—50	70—100	150—200
Wysokość	0,9	1,0	1,2	1,7	2,0	2,5
Średnica	0,7	0,7	0,8	1,0	1,2	1,5

#### Transformatory jednofazowe.

Moc w KW.	1—2,5	5—7,5	10—15	20—30	50—70	100—150
Wysokość	0,9	1,0	1,2	1,7	2,3	2,6
Średnica	0,6	0,8	0,9	1,1	1,3	1,6.

---



## ROZDZIAŁ VII.

### Sieć.

#### 1. Ogólny układ sieci.

Sieć przewodników dla zasilania prądem jednego domu lub kilku niewielkich domów znajdujących się jeden w pobliżu drugiego projektuje się możliwie prościej. Od tablicy rozdzielczej najlepiej prowadzić niezależne przewodniki do światła żarowego, do lamp łukowych i do silników. Lamy żarowe łączą się w grupy w takiej ilości aby ogólna siła prądu nie przewyższała 6A. każda taka grupa zaopatruje się w dwubiegunowy bezpiecznik, a w razie potrzeby i w przerywacz. Bezpieczniki sąsiednich grup umieszczają się na jednej tablicy, do której prąd doprowadza się z elektrowni; jeden grubszy przewodnik może przechodzić przez kilka takich wtórnych tablic rozdzielczych. W przewodnikach prowadzących prąd większy od 6 A. umieszczają się bezpieczniki przy każdej zmianie przekroju na odległości nie większej od 1 metra od miejsca zmniejszenia się przekroju.

Lampy łukowe, w miarę możliwości, najdogodniej jest zasilac niezależnymi przewodnikami wprost z elektrowni; jeżeli jednak wypadnie ustawić lampy w budynku lub przy wejściu do budynku daleko od elektrowni, to można odgałęziać prąd do lamp łukowych od wyżej wspomnianych wtórnych tablic, lub też w dowolnym miejscu od przewodników zasilających te tablice. W każdym razie każda linja lamp łukowych musi być zaopatrzona w bezpieczniki dwubiegunowe i w wyłącznik; jeżeli w jednym obwodzie jest więcej niż trzy lampy, to wyłącznik powinien być automatyczny minimalny.

Silniki o mocy do połowy konia można włączać w dowolnym miejscu sieci oświetleniowej, zaopatrując odgałęzienia w bezpieczniki i wyłączniki odpowiednie do mocy silnika. Silniki większe można odgałęziać od tablic rozdzielczych wtórnych oświetlenia żarowego, uwzględniając jednak, że w chwili puszczenia w ruch silniki biorą nieraz prąd podwójny.

Ze względu na bardzo zmienne obciążenie prądem sieci

silników elektrycznych, często wypadnie taniej prowadzić z elektrowni dla silników sieć niezależną; w tej sieci można przyjąć większe spadki napięcia, i przez to zastosować cieńsze przewodniki.

Jeżeli mamy zaopatrzyć w prąd znaczną liczbę budynków rozrzuconych dosyć daleko jeden od drugiego i od elektrowni naprz. duże fabryki, osady, miasta, to dla zmniejszenia wydatków na przewodniki, budynki łączą się pomiędzy sobą w jedną sieć, do której prąd z elektrowni doprowadza się w kilku punktach za pomocą przewodników zasilających, obliczonych na większy spadek napięcia; stałe napięcie utrzymuje się nie w elektrowni, a w punktach zasilających, z którymi są połączone woltomierze kontrolujące, ustawione w elektrowni. Rozkład punktów zasilających dobiera się tak aby doprowadzić do sieci najwięcej prądu wzdłuż możliwie krótszej drogi.

Projektując układ przewodników w sieciach urządzeń elektrycznych, należy dążyć do tego aby przewodniki były jak najkrótsze, dały się łatwo ułożyć i umocować, zabezpieczyć od uszkodzenia i możliwie nie psuły wyglądu budynków zewnątrz i wewnątrz. Przy projektowaniu sieci trzyprzewodnikowych i trójfazowych należy dążyć do jak *najrówniejszego* rozdziału obciążenia pomiędzy dwie połowy sieci lub trzy fazy. Rodzaj obciążenia powinien być wybrany tak, aby równy rozdział zawsze miał miejsce, a więc żeby obciążenie poszczególnych części sieci zmniejszało się lub zwiększało się możliwie jednocześnie na obydwuch stronach sieci lub też we wszystkich trzech fazach.

## 2. Określenie obciążenia sieci.

Obciążenie sieci potrzebne dla obliczenia przewodników najlepiej określać w amperach na podstawie danych zawartych w rozdziale V, uwzględniając przesunięcie fazy ( $\cos\varphi$ ) przy prądzie zmiennym. Dla obliczenia drobnych rozgałęzień należy uwzględnić zawsze pełne obciążenie, przewodniki zaś główne i zasilające można obliczać na obciążenie nieco mniejsze stosownie do wskazówek w rozdziale V, postępując jednak w ten sposób będziemy mieli sieć dającą się z trudnością rozszerzyć. Jeżeli natomiast obliczać główne przewodniki na obciążenie pełne, to zostanie pewien zapas na wypadek rozszerzenia sieci.

## 3. Wybór przekroju przewodników.

Wszystkie przewodniki w urządzeniach prądu silnego powinny mieć przekrój dostatecznie wytrzymały na zerwanie



i przystosowany do siły prądu, tak aby zbyt silnie się nie rozgrzewały. Poza to w poszczególnych wypadkach przekrój musi czynić zadość jeszcze rozmaitym innym warunkom, stosownie do okoliczności.

*Wybór przekroju przewodników na wytrzymałość.*

Ze względu na wytrzymałość mechaniczną praktyka stawia następujące wymagania dla przewodników miedzianych. Najcieńszy przewodnik może mieć przekrój  $0,75 \text{ mm}^2$  i stosuje się tylko dla prowadzenia prądu wewnątrz oprawek lamp lub zewnątrz i wewnątrz rozmaitych części, podtrzymujących te oprawki; najcieńszy przewodnik ułożony wewnątrz budynków w rurkach lub umocowany na rolkach porcelanowych w ten sposób że sąsiednie miejsca zamocowania znajdują się na odległości najwyżej  $1 \text{ m.}$ , może mieć przekrój  $1 \text{ mm}^2$ ; przewodniki gołe wewnątrz budynków i izolowane wewnątrz i zewnątrz przy odległościach sąsiednich miejsc zamocowania przewyższających  $1 \text{ metr}$ , muszą mieć przekrój najmniej  $4 \text{ mm}^2$ .

Przewodniki powietrzne gołe przy niskim napięciu (do  $250 \text{ V}$  względem ziemi) mogą mieć najmniejszy przekrój  $6 \text{ mm}^2$ , przy wysokim napięciu (powyżej  $250 \text{ V}$  względem ziemi)— $10 \text{ mm}^2$ . W kopalniach pod ziemią przyjęto przepisy surowsze; najcieńszy przewodnik w oprawach lamp powinien mieć przekrój  $1 \text{ mm}^2$ , a najcieńsze przewodniki izolowane rozdzielcze— $2,5 \text{ mm}^2$ .

Ze względu na dogodność zawieszania, przewodniki powietrzne biorą się możliwie nie grubsze od  $70 \text{ mm}^2$  i nie używają się grubsze od  $120 \text{ mm}^2$ .

Powyższe przepisy stosują się jednakowo przy prądzie stałym i zmiennym.

*Wybór przekroju przewodników na ogrzewanie się.*

Ze względu na ogrzewanie się przekrój przewodników wybiera się stosownie do największej dopuszczalnej siły prądu. Na podstawie danych praktycznych ułożono tablicę, w której największe obciążenie prądem przewodników izolowanych wskazane jest takie, że przewodniki do  $10 \text{ mm}^2$  w najgorszych warunkach, umieszczone w rurkach pod tynkiem, ogrzewają się nie wyżej jak o  $20^\circ$  po nad temperaturę otoczenia; dla przewodników grubszych przyjęto ten sam wzrost temperatury przy izolacji z gumy pełnej, i umocowaniu na rolkach izolacyjnych. Prąd największy może być stosowany tylko w wyjątkowych wypadkach naprz. gdy linje są zabezpieczone przerywaczami maksymalnymi; przy zwykłych zaś bezpiecznikach normalny prąd powinien wynosić około  $0,8$  największego i on



właśnie jest podany w tablicy jako normalny prąd bezpieczników. Przewodniki do odbieraczy o wahającym się prądzie, naprz. do silników i lamp łukowych ze względu na ogrzewanie się muszą być wybrane dla największego prądu wynoszącego  $1\frac{1}{2}$  normalnej siły prądu odbieracza.

Ciężar w kg. 1000 m.	Opór w omach 1000 m.	Przekrój w mm <sup>2</sup>	Największy prąd w am- perach.	Normalny prąd odpo- wiednich bezpieczni- ków w A.
6,68	23,333	0,75	9	6
8,91	17,500	1	11	6
13,37	11,667	1,5	14	10
22,28	7,000	2,5	20	15
35,65	4,3750	4	25	20
53,48	2,9167	6	31	25
89,13	1,7500	10	43	35
142,60	1,09375	16	75	60
222,8	0,7000	25	100	80
311,9	0,5000	35	125	100
445,6	0,3500	50	160	125
623,9	0,2500	70	200	160
846,7	0,18421	95	240	190
1069,5	0,14584	120	280	225
1336,9	0,11667	150	325	260
1649,0	0,09460	185	380	300
2139,0	0,07272	240	450	360
2763,0	0,05545	310	540	430
3565,0	0,04375	400	640	500
4456,0	0,03500	500	760	600
5570,0	0,02800	625	880	700
7130,0	0,02187	800	1050	850
8913,0	0,01750	1000	1250	1000

Tablica powyższa podaje zarazem powszechnie stosowane przekroje przewodników.

Kable w ołowiu nie podlegają przepisom tej tablicy, natomiast przewodniki gołe do 50 mm<sup>2</sup>, o ile prowadzą one wewnątrz budynków, mogą być obciążane prądem według danych poprzedniej tablicy. Przewodniki zaś o większym przekroju i wszystkie przewodniki napowietrzne można obciążać prądem więcej, np. podług tablicy następującej, która jest ułożona na podstawie wzoru Kennelly'ego, przyjmując wzrost temperatury o 20° po nad temperaturę powietrza dla przewodników zawieszonych w bardzo spokojnym powietrzu.

Przekrój w mm <sup>2</sup>	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	310
Największa siła prądu	60	86	118	162	206	266	340	420	500	590	690	830	1000

Kable w powłoce ołowianej, zakopane w ziemi co najmniej na głębokość 70 cm, nie więcej nad dwa kable w jednym rowie, można obciążać prądem rozmaicie, zależnie od budowy kabla. Tablica umieszczona niżej stosuje się dla tych kabli w przypuszczeniu największego wzrostu temperatury o 25° po nad otoczenie;—rodzaj kabla jest określony ilością przewodników w jednej powłoce ołowianej, układem tych przewodników i napięciem najwyższem do którego jest przystosowana izolacja kabla.

Jeżeli kable zawieszają się w kanałach, lub też znaczna liczba kabli układa się w ziemi w jednym rowie, to nie należy przewodników kabla obciążać prądem więcej niż do <sup>3</sup>/<sub>4</sub> ilości amperów podanych w tablicy; i tylko przy silnie wahającym się prądzie, który przez krótki czas osiąga znaczne wielkości, można dla większości tego prądu przekroczyć dane tablicy.





Prąd zmienny tej samej siły czynnej, co stały, ogrzewa przewodniki tak samo jak stały, a więc wszystkie powyższe tablice stosują się jednakowo dla prądu stałego i zmiennego.

Obciążenie przewodników z glinu może wynosić tylko 0,78 a żelaznych 0,36 obciążenia przewodników miedzianych, ze względu na większy opór właściwy.

*Wybór przekroju przewodników na spadek napięcia przy prądzie stałym.*

Na spadek napięcia oblicza się sieć przewodników, prowadzących prąd do lamp żarowych. W sieci rozdzielczej przy lampkach węglowych przyjmuje się zwykle 2% spadku napięcia, a przy lampkach metalowych 3% \*).

Wskazane tu spadki napięcia muszą być bezwarunkowo zachowane przy oświetleniu zbyt gęstszych mieszkań, biur i t. p., w wielu jednak wypadkach, szczególnie w praktyce fabrycznej, można przyjmować spadki napięcia trochę większe, aby nie prowadzić na znaczną odległość grubego, zbyt drogiego przewodnika; przy ustaleniu dopuszczalnego spadku można kierować się następującymi danymi.

Natężenie światła lamp żarowych w zależności od napięcia zmienia się według wzoru.

$$I = K \cdot e^n$$

I — natężenie światła, K — stała, e — napięcie, n = około 6 dla lamp węglowych i około 4 dla lamp metalowych (około 10 dla lamp Nernsta).

Częste zmiany natężenia światła lamp, i szczególnie takie, które powtarzają się okresowo, są bardzo nieprzyjemne, nawet jeżeli są względnie niewielkie.

Gdy cała sieć przewodników urządzenia rozważanego jest rozdzielczą, a więc niema punktów i przewodników zasilających, to wybieramy przekrój dla otrzymania odpowiedniego spadku napięcia w następujący sposób:

Po dokładnem obliczeniu obciążenia i długości przewodników (obliczając długość podług planu, dodajemy 10% na nieprzewidziane zagięcia) przyjmujemy przekrój wszystkich przewodników prowadzących prąd od tabliczek rozdzielczych wtórnych równy 1 mm<sup>2</sup>, za wyjątkiem bardzo długich (kilka-

---

\*) Należy pamiętać, że gdy są w sieci transformatory, to w samych transformatorach, przy zmianie obciążenia od 0 do 100 %, wahania napięcia wynoszą od 2 do 3%.

dziesiąt metrów) odgałęzień silnie obciążonych na końcu; w takich odgałęzieniach wypada przyjąć, przynajmniej częściowo, druty 1,5 lub 2,5 mm<sup>2</sup>, a wyjątkowo i więcej. Z tych odgałęzień wybieramy gałąź najdłuższą i najbardziej obciążoną, w której przewiduje się największa strata napięcia; obliczamy w niej spadek napięcia, odejmujemy go od całego spadku dopuszczalnego w sieci i na tę resztę obliczamy przewodnik doprowadzający prąd do tabliczki rozdzielczej, uwzględniając inne prądy naprz. do lamp łukowych lub silników, odgałęzione wprost od tej samej tablicy. Do obliczenia przekroju tego przewodnika z miedzi stosuje się wzór następujący:

$$q = \frac{I \cdot l}{57 \cdot \epsilon}$$

q — przekrój w mm<sup>2</sup>.

I — cały prąd dopływający do tabliczki rozdzielczej w amperach.

l — długość pojedyncza przewodnika w metrach.

ε — spadek napięcia w przewodniku w woltach.

57 — przewodnictwo miedzi.

Jeżeli ten sam przewodnik zasila kilka tabliczek rozdzielczych, które są blisko obok siebie, to prowadzimy główny przewodnik wszędzie jednakowej grubości i obliczamy przekrój przewodnika ze wzoru:

$$q = \frac{\Sigma I \cdot l}{57 \cdot \epsilon};$$

tu  $\Sigma I \cdot l$  oznacza sumę podwójnych iloczynów prądów poszczególnych tabliczek przez długość pojedynczą przewodnika od elektrowni do odpowiedniej tabliczki.

Jeżeli tabliczki rozdzielcze są daleko jedna od drugiej i biorą znaczne prądy, to należy przekrój przewodnika stopniowo zmniejszać, ażeby zużyć jak najmniej miedzi; w tym celu do obliczenia przekroju przewodnika w tej części, gdzie płynie pewien prąd I, stosuje się wzór:

$$q = c \cdot \sqrt{I}$$

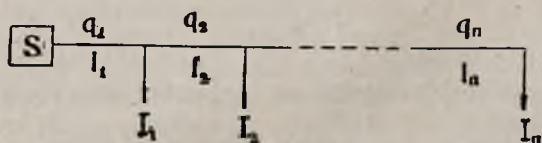
wielkość c — stała dla wszystkich poszczególnych części tego przewodnika — wybiera się w taki sposób, aby otrzymać w przewodniku odpowiedni spadek napięcia. Obliczenie dokonywa się jak następuje:

Przyjawszy przekroje w drobnych rozgałęzieniach i obliczywszy spadek napięcia w najdłuższej i najbardziej obciążonej gałęzi ostatniej tabliczki, odejmujemy ten spadek od cał-

kwitego przepisanego spadku; ta reszta niech będzie  $\epsilon$ . Następnie, obliczywszy prądy w poszczególnych częściach głównego przewodnika, zakładamy  $c=1$  i obliczamy z poprzedniego wzoru  $q_1, q_2$  i t. d.; przy otrzymanych przekrojach znajdujemy spadek napięcia w głównym przewodniku według wzoru:

$$\epsilon' = \frac{(I_1 + I_2 + \dots + I_n) 2 l_1}{57 q_1} + \frac{(I_2 + I_3 + \dots + I_n) 2 l_2}{57 q_2} + \dots + \frac{I_n 2 l_n}{57 q_n}$$

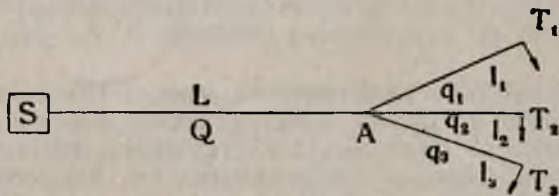
oznaczenia zastosowane w tym wzorze podane są na rys. 16.  $l_1, l_2$  i t. d. są to odległości pomiędzy poszczególnymi miejscami odgałęzienia prądów, S—elektrownia



rys. 16.

W końcu zmieniamy przekroje tak, aby spadek napięcia był taki, jak wymagany, a więc mnożymy je przez  $\frac{\epsilon}{\epsilon'}$ .

Czasem bywa dogodniej, zamiast prowadzenia jednego przewodnika kolejno przez wszystkie tabliczki wtórne, pociągnąć jeden przewodnik do pewnego środkowego punktu i stąd rozgałęzić kilka przewodników do poszczególnych tabliczek.



rys. 17.

Na rysunku 17 pokazano schematycznie takie rozgałęzienie. S—elektrownia,  $T_1, T_2, T_3$  tabliczki, od których odpływają prądy  $I_1, I_2, I_3$ . Odległość  $AT_1 = l_1, AT_2 = l_2, AT_3 = l_3$  i  $SA = L$ . Celem obliczenia przekrojów  $Q, q_1, q_2, q_3$ , mając na względzie jak najmniejsze zużycie miedzi, postępujemy w następujący sposób: obliczamy przewodnik zastępczy dla trzech rozgałęzień w ten sposób, aby jego długość wynosiła:



$$\lambda = \frac{\Sigma l I}{\Sigma I}$$

wtedy przekrój Q otrzymuje się ze wzoru:

$$Q = \frac{2 (L + \lambda) \cdot \Sigma I}{57 \cdot \epsilon}$$

$\epsilon$  — cały spadek napięcia dopuszczalny od elektrowni do wtórnych tabliczek rozdzielczych.

Mając Q, znajdujemy spadek napięcia od S do A ze wzoru:

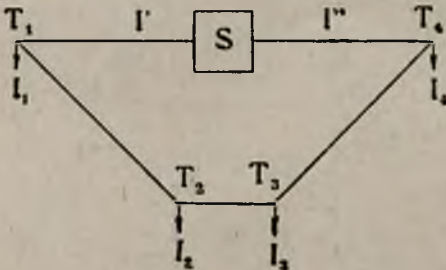
$$\epsilon' = \frac{2 L \cdot \Sigma I}{57 \cdot Q}$$

Na rozgałęzienia pozostaje spadek:  $\epsilon - \epsilon'$  i podług niego obliczamy poszczególne przekroje—q, ze wzoru:

$$q = \frac{2l \cdot I}{57 (\epsilon - \epsilon')}$$

Wszystkie przekroje obliczone podług wyżej podanych sposobów zaokrągla się stosownie do przekrojów używanych, wskazanych w tablicy na stron. 77. Przy zaokrąglaaniu należy zwracać uwagę na to, czy pożądanę jest zmniejszenie założonego spadku napięcia, ze względu na przewidywane rozszerzenie urządzenia, czy też chodzi o możliwe mniejsze wydatki na budowę sieci; w pierwszym wypadku zaokrągla się na przekrój większy, a w drugim—na przekrój mniejszy.

Gdy budynki otaczają elektrownię zwartem kołem, to nieraz prowadzi się przewodnik główny zamknięty tak, jak wskazano schematycznie na rys. 18.



rys. 18.

Przy takim układzie przewodników osiąga się możliwość dostarczania prądu z drugiej strony, gdy przewodnik z prze-

ciwej strony uległ uszkodzeniu, a następnie przy zmianach w obciążeniu wahania napięcia są mniejsze.

Jeżeli przewodnik jest niebardzo długi i obciążenia  $T_1$  i  $T_4$  są niewielkie, to zrobić można przekrój przewodnika wszędzie jednakowym.

Dla odszukania właściwego przekroju znajdujemy przedewszystkiem rozkład prądów. Oznaczamy  $ST_1$  przez  $l_1$ ,  $ST_2$  przez  $l_2$ , i t. d., idąc w kierunku przeciwnym ruchowi wskazówki zegara, a całą pojedynczą długość przewodnika dokoła przez  $L$ ; wtedy prąd  $I''$ , wypływający z elektrowni w prawo, określa się wzorem:

$$I'' = \frac{\Sigma l l}{L}$$

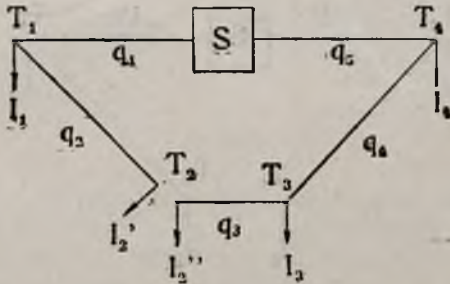
$$\Sigma l l = I_1 l_1 + I_2 l_2 + I_3 l_3 + I_4 l_4$$

Znając prąd,  $I''$  łatwo przez kolejne odejmowanie, a potem dodawanie prądów odgałęzionych, znaleźć rozkład prądów w przewodniku.

Największy spadek napięcia będzie oczywiście w tym punkcie, gdzie się prądy schodzą, naprz. w  $T_2$ . Jeżeli do  $T_2$  z lewej strony przyplywa prąd  $I'_2$ , a z prawej  $I''_2$ , t. j. jeżeli  $I'_2 + I''_2 = I_2$ , to przekrój przewodnika wypadnie ze wzoru:

$$q = \frac{2 (l_1 I_1 + l_2 I_2)}{57. \varepsilon}$$

Jeżeli jednak przewodnik ma mieć przekroje różne w rozmaitych częściach, to określić je można tylko próbami. Zakładamy przedewszystkiem prawdopodobny rozkład prądów i rozcinamy przewodnik w miejscu ich zejścia się tak, że mamy dwa niezależne przewodniki, jak na rys. 19.



rys. 19.

Określamy wtedy przekroje przewodników prawego i lewego według spadku napięcia jak to wskazano wyżej, przyjmując

przekroje proporcjonalne do pierwiastków kwadratowych z prądów płynących w poszczególnych częściach linii, a następnie zaokrąglamy je stosownie do danych tablicy na str. 77; przypuścimy że wypadły one  $q_1, q_2, q_3, q_4$  i  $q_5$ .

Łączymy przewodniki napowrót, jak na rys. 18 i znajdujemy rzeczywisty rozkład prądów, obliczając  $I''$  według wzoru:

$$I'' = \frac{I_1 \frac{l_1}{q_1} + I_2 \left( \frac{l_1}{q_1} + \frac{l_2}{q_2} \right) + I_3 \left( \frac{l_1}{q_1} + \frac{l_2}{q_2} + \frac{l_3}{q_3} \right) + I_4 \left( \frac{l_1}{q_1} + \frac{l_2}{q_2} + \frac{l_3}{q_3} + \frac{l_4}{q_4} \right)}{\frac{l_1}{q_1} + \frac{l_2}{q_2} + \frac{l_3}{q_3} + \frac{l_4}{q_4} + \frac{l_5}{q_5}}$$

$l_1, l_2, l_3, l_4, l_5$  — oznaczają tu długość przewodnika pomiędzy poszczególnymi miejscami odgałęzienia prądów.

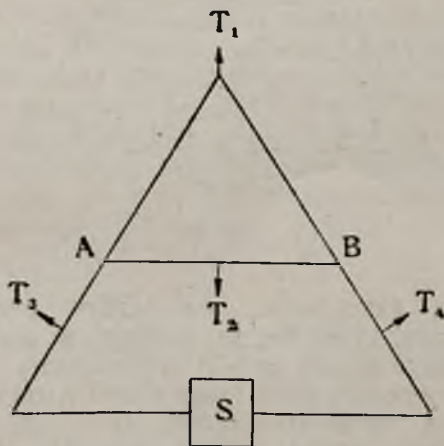
Mając nowy, rzeczywisty rozkład prądu, znajdujemy największy spadek napięcia podług wzoru:

$$\varepsilon = \frac{2 (I_1 + I_2) l_1}{57. q_1} + \frac{2 I_2 l_2}{57. q_2}$$

w tym wzorze założono że prądy zesły się w  $T_2$ .

Jeżeli obliczony spadek będzie nieodpowiedni, to zmieniamy przekroje i powtarzamy obliczenie.

Mogą być układy przewodników jeszcze bardziej zawite, np. taki, jak wskazany na rys. 20; tutaj punkty rozgałęzienia



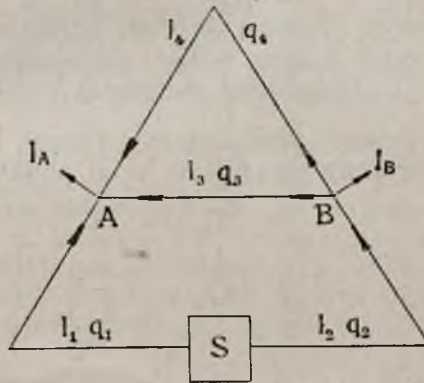
rys. 20.

przewodników A i B nazywają się punktami węzłowymi. Ogólny bieg obliczenia w tym wypadku podobny jest do po-



poprzedniego. Przedewszystkiem wybieramy prawdopodobny rozkład prądów i rozcinamy sieć w miejscach ich zejścia się. Obliczamy potem przekroje przewodników na dany spadek napięcia, zaokrąglamy je stosownie do danych tablicy na str. 77, a dla sprawdzenia spadków napięcia, jakie wypadną po zamknięciu sieci z powrotem, wyznaczamy rozkład prądów w sieci zamkniętej, jak na rys. 20, postępując się np. zasadą tak zwanego nakładania prądów.

Sposób ten jest następujący. Przedewszystkiem zakładamy (założenie I), że punkty A i B mają źródła prądu tego samego napięcia, co S i obliczamy prądy w kawałkach SA, AT<sub>1</sub> B, AT<sub>2</sub> B i B S, jak to czyniliśmy przy układzie przewodników na rys. 18, gdzie jeden przewodnik jest zasilany prądem z dwóch końców. Mając ten rozkład prądów, znajdujemy prądy które mają dostarczać punkty A i B przy powyższem założeniu. Dalej rozwiązujemy inne zadanie (założenie II): rys. 21.



rys. 21.

przedstawia tą samą sieć, ale odpływ prądu jest tylko w A i B i wynosi tyle, ile te punkty w założeniu I miały dostarczać. Dostyć prosty sposób rozwiązania tego zadania polega na zastosowaniu pierwszego prawa Kirchhoffa dla punktów A i B, przy wyrażeniu prądów płynących w poszczególnych drutach przez spadek napięcia od S do punktów A i B. Oznaczmy różnice pomiędzy napięciem w elektrowni i w punktach A i B przez  $\epsilon_A$  i  $\epsilon_B$ , a długość i przekrój odpowiednich przewodników przez  $l_1$ ,  $q_1$  i t. d. Wtedy, uwzględniając kie-

runki prądów, przyjęte na rysunku, w miejscach niepewnych dowolnie, otrzymamy następujące dwa równania: \*).

$$\varepsilon_A \cdot \frac{q_1 k}{l_1} + (\varepsilon_A - \varepsilon_B) \left( \frac{q_4 k}{l_4} + \frac{q_3 k}{l_3} \right) - I_A = 0$$

$$\varepsilon_B \cdot \frac{q_2 k}{l_2} - (\varepsilon_A - \varepsilon_B) \left( \frac{q_4 k}{l_4} + \frac{q_3 k}{l_3} \right) - I_B = 0.$$

Z tych dwóch równań wyznaczamy  $\varepsilon_A$  i  $\varepsilon_B$ , a mając te wielkości i opory drutów łączących punkty A, B i S, obliczamy na zasadzie prawa Ohm'a prądy płynące w poszczególnych częściach sieci rys. 21. Następnie sprawdzamy kierunek i wielkość tych prądów na zasadzie prawa Kirchhoffa; jeżeli w częściach sieci pomiędzy punktami A i B kierunek był przyjęty mylnie, to odwracamy go, pamiętając o tem, że prąd zawsze płynie od potencyału wyższego do niższego.

Prądy otrzymane w założeniach I i II dodajemy algebraicznie (zwracając uwagę na kierunek); wynik będzie rzeczywście istniejącym rozkładem prądów w sieci rys. 20.

Mając ten rozkład, obliczamy największy spadek napięcia; gdy ten wypadnie zbyt mały lub też zbyt duży zmieniamy nieco przekroje przewodników i powtarzamy obliczenia.

#### *Przykład.*

Ażeby ułatwić korzystanie z przytoczonych wyżej objaśnień, podaję tu obliczenie jednego przykładu. Na rys. 22 oznaczone są prądy odgałęzione w amperach — liczbami przy strzałkach i długości pojedyncze przewodników w metrach — liczbami podkreślonymi.

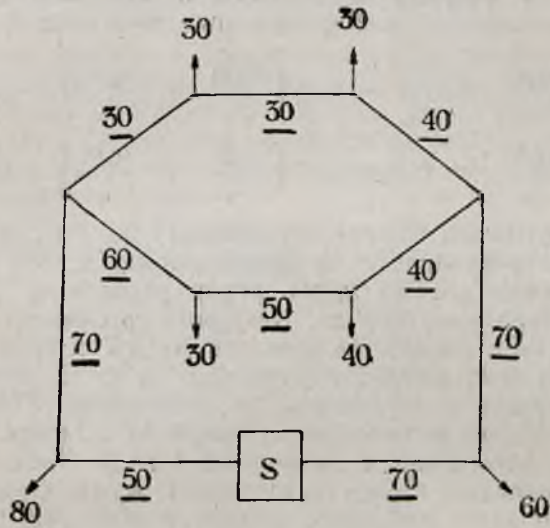
Rozcinamy sieć, jak wskazano na rys. 23, zakładamy spadek napięcia  $\varepsilon = 1,9V$  i obliczamy przekroje drutów w następujący sposób.

Gałąź lewa:

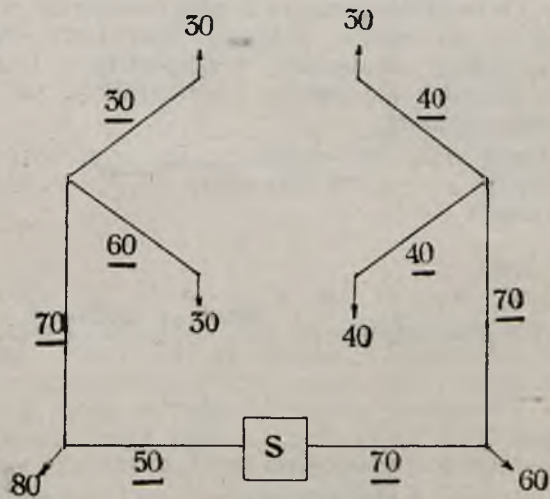
$$\text{Długość zastępcza: } \frac{30.60 + 30.30}{60} = 45.$$

---

\*)  $\frac{q_1 k}{l_1}$  — jest przewodnictwem linii 1., wobec tego  $\varepsilon_A \cdot \frac{q_1 k}{l_1}$  jest to siła prądu w tej linii. Należy pamiętać, że gdy  $l_1$  stanowi długość pojedynczą to  $\varepsilon_A$  stanowi połowę spadku napięcia.



rys. 22.



rys. 25.



Przekrój przewodnika przed rozgałęzieniem:

$$q_1 = \frac{80 \cdot 2.50 + 60 \cdot 2.165}{57 \cdot 1,9} = 266.$$

$q_1$  zaokrąglamy na 310 i obliczamy spadek napięcia do miejsca rozgałęzienia.

$$\varepsilon' = \frac{80 \cdot 2.50 + 60 \cdot 2.120}{57 \cdot 310} = 1,27.$$

$$\varepsilon - \varepsilon' = 1,9 - 1,27 = 0,63.$$

Przekroje przewodników rozgałęzionych wypadną:

$$q_1' = \frac{30 \cdot 2.30}{57 \cdot 0,63} = 59.$$

$$q_1'' = \frac{30 \cdot 2.60}{57 \cdot 0,63} = 118.$$

Gałąź prawa:

Długość zastępcza 40 m.

$$q_2 = \frac{60 \cdot 2.70 + 70 \cdot 2.180}{57 \cdot 1,9} = 309, \text{ co zaokrąglamy na } 310$$

$$\varepsilon'' = \frac{60 \cdot 2.70 + 70 \cdot 2.140}{57 \cdot 310} = 1,58$$

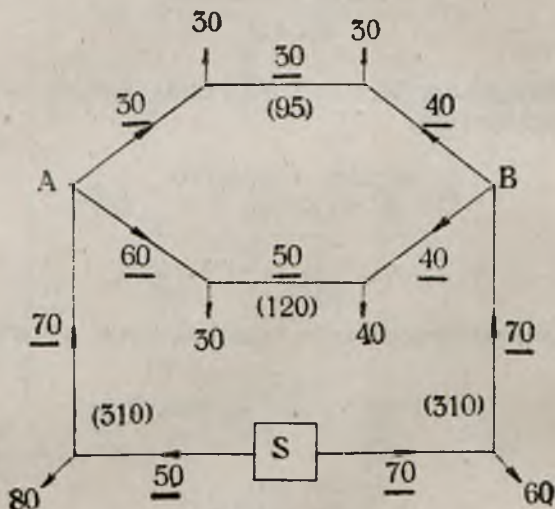
$$\varepsilon - \varepsilon'' = 1,9 - 1,58 = 0,32$$

$$q_2' = \frac{30 \cdot 2.40}{57 \cdot 0,32} = 133$$

$$q_2'' = \frac{40 \cdot 2.40}{57 \cdot 0,32} = 175.$$

Przekroje przewodników rozgałęzienia zaokrąglimy w taki sposób, aby każda z gałęzi miała na całej długości przekrój

jednakowy; dla górnej weźmiemy 95 mm<sup>2</sup>, a dla dolnej 120 mm<sup>2</sup> (rys. 24).



rys. 24.

Wyznamy teraz rozkład prądów w sieci przy przekrojach otrzymanych z powyższego obliczenia.

Przedewszystkiem zakładamy, że w punktach A i B są źródła prądu o napięciu takim samym, jak w elektrowni S (założenie I) i obliczamy prądy wypływające z A i z B.

Prądy wypływające z A (rys. 25) wypadną:

$$\text{w A S} \dots \dots \frac{50 \cdot 80}{120} = 33,3$$

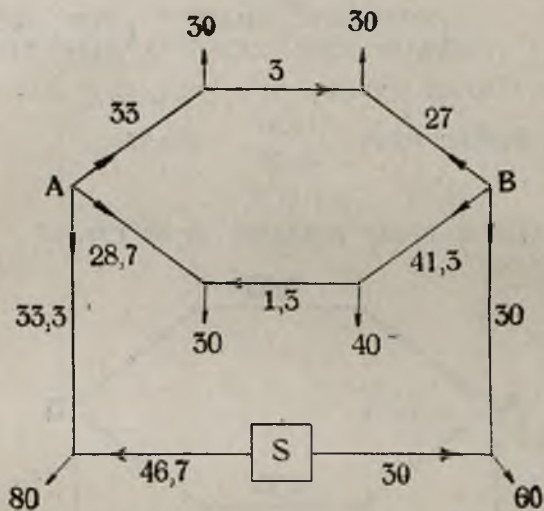
$$\text{w A 120 B} \dots \frac{40 \cdot 40}{150} + \frac{30 \cdot 90}{150} = 28,7$$

$$\text{w A 95 B} \dots \frac{30 \cdot 40}{100} + \frac{30 \cdot 70}{100} = 33,0$$

Prąd zaś z B w stronę S będzie:

$$\frac{60 \cdot 70}{140} = 30.$$

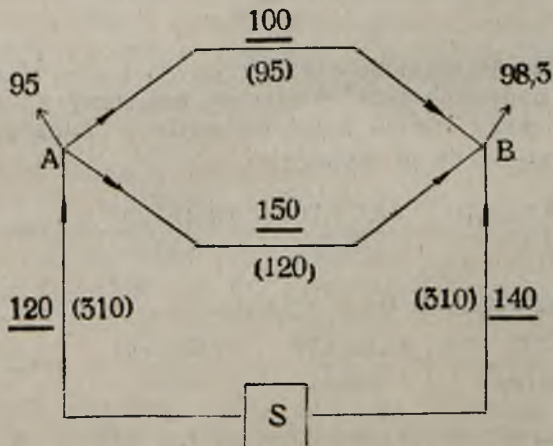
Na podstawie tego otrzymamy rozkład prądów wskazany na rys. 25.



rys. 25.

Prąd dostarczony przez punkt A wypadnie 95 A, a przez punkt B—98,3 A.

Przechodzimy teraz do założenia drugiego: prądy 95 A i 98,3 A odpływają z punktów A i B (rys. 26).



rys. 26.



Równania będą jak obok:  $\epsilon_A \left( \frac{310.57}{2.120} + \frac{95.57}{2.100} + \frac{120.57}{2.150} \right) - \epsilon_B \left( \frac{95.57}{2.100} + \frac{120.57}{2.150} \right) - 95 = 0$

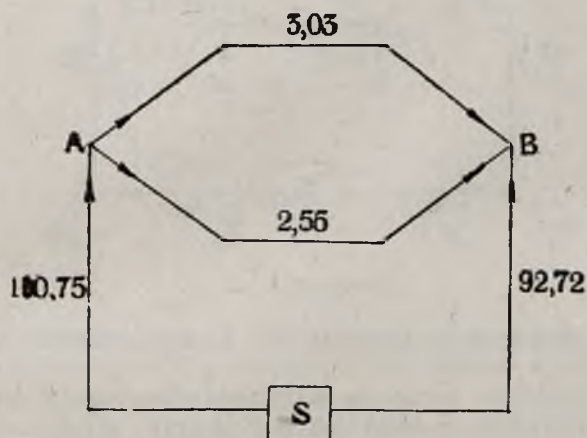
$$\epsilon_B \left( \frac{310.57}{2.140} + \frac{95.57}{2.100} + \frac{120.57}{2.150} \right) - \epsilon_A \left( \frac{95.57}{2.100} + \frac{120.57}{2.150} \right) - 98.3 = 0.$$

Z tych równań wypada  $\epsilon_A = 1,368$ ,  $\epsilon_B = 1,48$ .

Prąd w SA będzie:  $1,368 \cdot \frac{310.57}{2.120} = 100,75$ .

i t. d.

Wszystkie te prądy wskazane są na rys. 27.



rys. 27.

Dodając algebraicznie prądy rys. 25 i rys. 27, otrzymamy istniejący naprawdę rozkład prądów, wskazany na rys. 28.

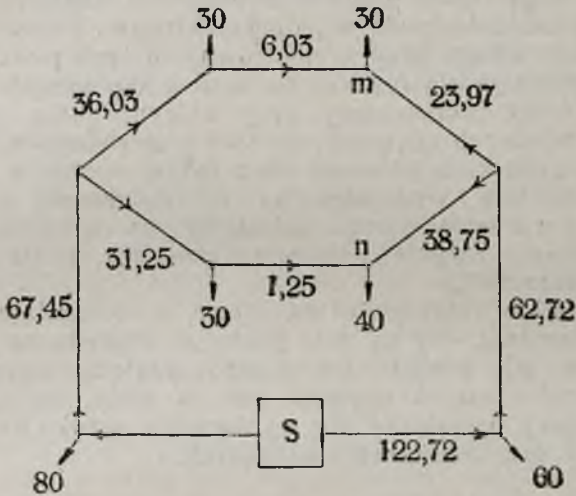
Największy spadek napięcia będzie w punktach m i n  
Spadek napięcia do m wypadnie:

$$\frac{122,72 \cdot 2.70}{310.57} + \frac{62,7 \cdot 2.70}{310.57} + \frac{23,97 \cdot 2.40}{95.57} = 1,822 \text{ V.}$$

Spadek napięcia do n wypadnie:

$$\frac{122,72 \cdot 2.70}{310.57} + \frac{62,72 \cdot 2.70}{310.57} + \frac{38,75 \cdot 2.40}{120.57} = 1,923 \text{ V.}$$

Oba spadki mało się różnią od 1,9, można więc wybrane przekroje uważać za dobre.



rys. 28.

Sieci zaopatrujące w prąd znaczne przestrzenie i bardzo duże fabryki, osady i miasta, budujemy na zasadach nieco odmiennych.

Wszystkie budynki i lampy na ulicach łączymy w jedną sieć, składającą się z szeregu przewodników, prowadzonych przeważnie wzdłuż ulic i łączonych między sobą w skrzyżowaniach \*). W miejscach skrzyżowania wybieramy kilka punktów zasilających w pobliżu największego obciążenia sieci prądem; odległość pomiędzy przyległymi punktami zasilającymi wynosi zwykle od 150 do 250 m przy napięciu 110V i od 300 do 400 m przy napięciu 220V i wreszcie od 400 do 600 m przy napięciu  $2 \times 220V$ .

Najodpowiedniejszą liczbę punktów zasilających oznacza się zwykle próbami, ażeby układ sieci był jak najprostszy, a zarazem pewność odpowiedniego zasilenia ważnych punktów sieci jak największa, koszt zaś urządzenia jaknajmniejszy.

Przekrój przewodników rozdzielczych oblicza się tak samo, jak podałem poprzednio w przypuszczeniu, że wszystkie punkty

\*) Czasem dogodniej będzie mieć dla oświetlenia ulic sieć oddzielną naprz. aby ułatwić gaszenie i zapalanie lamp; pozatem dzieli się i tę sieć jeszcze na dwa obwody, jeden dla lamp palących się całą noc i drugi dla lamp palących się tylko wieczorem.

zasilające mają źródła prądu o jednakowem napięciu, a więc jak gdyby znajdowały się w jednej elektrowni. Przewodniki zasilające, prowadzące prąd z elektrowni do tych punktów zasilających, obliczają się również na spadek napięcia, ale na większy, tak zwany ekonomiczny, przy którym suma wydatków rocznych, zależnych od przekroju tych przewodników, jest najmniejszą; wydatki te składają się z jednej strony z oprocentowania kapitału wydanego na poprowadzenie, a z drugiej strony z kosztu energii straconej na ogrzewanie tych przewodników. Zwykle najekonomiczniesz strata napięcia wypadła około 10%.

Wszystkie przewodniki zasilające, a szczególnie krótkie, należy sprawdzać, czy są dość grube ze względu na ogrzewanie prądem; gdy przekrój ich z tego względu wypadła zbyt duży, a przeto spadek napięcia jest za mały, to zaopatruje się je w opory dodatkowe dla wyrównania spadku napięcia we wszystkich przewodnikach zasilających.

Przewodniki do silników elektrycznych, przyłączonych do sieci oświetlenia, lub też otrzymujących prąd wprost z elektrowni, oblicza się zwykle na spadek napięcia od 5 do 8% i sprawdza się na ogrzewanie prądem (półtora normalnego).

Przewodniki do lamp łukowych wybiera się wprost z tablicy przekrojów dla odpowiedniego prądu (półtora normalnego) i następnie sprawdza się, czy napięcie sieci wystarczy jeszcze na włączenie opornika regulacyjnego, pochłaniającego kilka procent napięcia. Sprawdzenie to robi się podług wzoru:

$$e = Ir + I \frac{l}{k. q.} + n e'$$

$e$  — napięcie sieci,  $e'$  — napięcie na każdej lampie,  $n$  — liczba lamp włączonych w szereg,  $I$  — siła prądu,  $r$  — opór regulacyjny,  $\frac{l}{k. q.}$  — opór przewodników całego obwodu lamp łukowych od tego miejsca, gdzie mamy napięcie  $e$ .

Wszystkie powyższe obliczenia stosują się do sieci stałego prądu dwuprzewodowej.

Sieci trójprzewodowe obliczają się tak samo, zakładając równe obciążenie obydwóch stron, a więc w przewodniku środ-



kowym prąd równy zeru; ze względu jednak na możliwość wzrostu napięcia powyżej normy przy różnych obciążeniach obu stron, przyjmuje się spadki napięcia mniejsze: dla przewodników rozdzielczych od 1,5 do 2%, a dla zasilających około 7,5%.

Przekrój przewodnika środkowego wybiera się zwykle od 0,25 do 0,5 przekroju przewodników skrajnych, dla zasilających cieńszy, dla rozdzielczych grubszy. W wyjątkowych razach, przewidując nadzwyczaj nierówne obciążenie, można przeprowadzić obliczenie szczegółowe, opierając się na tych samych zasadach, jak wyżej podane dla układów dwuprzewodowych.

*Wybór przekroju przewodników na spadek napięcia przy prądzie zmiennym.*

Urządzenia prądu zmiennego buduje się zwykle na prąd trójfazowy; gdy wszakże do pojedynczych lamp żarowych doprowadza się tylko jeden prąd, to odgałęzienia od tabliczek rozdzielczych wtórnych robi się na prąd jednofazowy. Także jednofazowym prądem zasilają się nieraz małe silniki.

Przewodniki wewnątrz budynków do lamp żarowych wybiera się jak wyżej o przekroju od 1 mm<sup>2</sup> do 2,5 mm<sup>2</sup> wyjątkowo 4 mm<sup>2</sup>; stosownie do obciążenia prądem i długości. Przewodniki do małych silników wystarczają zwykle o przekroju 1 mm<sup>2</sup>, wogóle jednak należy zwracać uwagę na obciążenie prądem i na spadek napięcia, który nie powinien przekraczać kilku procent. Prąd w silnikach jednofazowych małych należy obliczać podług wzoru:

$$I = \frac{E \cdot 736}{e \cdot \cos \varphi \cdot \eta}$$

E—moc w koniach, e — napięcie sieci,  $\cos \varphi = 0,6$ , współczynnik sprawności silnika,  $\eta$  od 0,3—0,5.

Obliczając spadek napięcia, należy pamiętać, że w tym wypadku wystarczy uwzględnić tylko prąd roboczy, bo cały spadek napięcia dodaje się geometrycznie, a więc różnica napięć na końcu i na początku przewodników o pojedynczej długości l, przekroju q i przewodnictwie k wypadnie:

$$I \cdot \frac{2 l}{k \cdot q} \cos \varphi.$$

Przewodniki do lamp łukowych obliczają się w taki sam sposób, jak przy prądzie stałym.

Przewodniki doprowadzające prąd z elektrowni do tabliczek rozdzielczych, zasilających oświetlenie lub łącznie oświetlenie i małe silniki, należy obliczać na odpowiedni spadek napięcia pozostający po odjęciu tego spadku, który otrzymuje się w sieci rozdzielczej wtórnej, prowadzonej od tabliczek.

Do większych tablic rozdzielczych wtórnych prowadzi się wszystkie trzy fazy prądu, do małych zaś można doprowadzać prąd tylko od jednej fazy; w każdym razie atoli dla obliczenia przekrojów przewodników zastępuje się rzeczywisty rozkład obciążenia takim, aby mieć w kilku miejscach obciążenie równe wszystkich trzech faz. Przy przeprowadzaniu takich zmian w zaprojektowanym układzie, należy starać się zmieniać tak, aby przy nowym układzie do obliczenia przyjętym spadek napięcia był większy od tego, jaki będzie w rzeczywistości; należy więc punkty obciążenia przeważnie oddalać od elektrowni, a wielkość obciążenia w razie potrzeby trochę zwiększać.

Spadek napięcia \*) w sieci trójfazowej, obciążonej jednako na wszystkich fazach bezindukcyjnie, wyraża się wzorem:

$$\varepsilon = \frac{3 \text{ il.}}{k \cdot q}$$

$\varepsilon$ —całkowity spadek napięcia na linii pojedynczej długości  $l$ , przy przekroju przewodników  $q$ , o przewodnictwie  $k$ , obciążonej na końcu w każdej fazie prądem  $i$  amperów.

Z tego wzoru przekrój  $q$  wypadnie:

$$q = \frac{3 \text{ il.}}{k \cdot \varepsilon}$$

Zestawiając ten wzór z podobnym wzorem, podanym wyżej dla prądu stałego (patrz str. 81), widzimy,

---

\*) t. j. różnica napięć na końcu i na początku linii.

że różnią się one tylko współczynnikiem liczbowym w liczniku.

Wobec tego można obliczać przekrój drutu dla prądu trójfazowego tak samo, jak dla prądu stałego, wystarczy tylko przyjąć obciążenie dla zastępczego prądu stałego jako równe potrójnemu prądowi w jednej fazie prądu trójfazowego, a całą długość przewodników przy prądzie stałym przyjmować równą pojedynczej długości linii trójfazowej.

Po obliczeniu przekrojów wypadnie je jak zwykle zaokrąglić podług tablicy obciążenia na str. 77; otóż przy tem zaokrąglaniu można uwzględnić porobione poprzednio zmiany w rozkładzie obciążenia, zaokrąglając na przekrój mniejszy lub większy.

W ważniejszych wypadkach należy spadki napięcia dokładnie sprawdzić dodając poszczególne ich części geometrycznie i pamiętając, że napięcia poszczególnych faz przesunięte są względem siebie prawie dokładnie o  $120^\circ$ ; pod tymi samymi kątami układają się prądy w odgałęzieniach poszczególnych faz, a prądy w przewodnikach głównych wyrażają się bokami trójkąta, którego wierzchołki leżą na końcach wektorów, wyrażających prądy w odgałęzieniach, jeżeli te wektory są wykreślone z jednego punktu.

Gdy w sieci, oprócz lamp żarowych, mamy trochę obciążenia lampami łukowymi i silnikami, to prąd do lamp łukowych i silników należy uwzględniać tylko w jednej składowej roboczej, obliczonej ze wzoru:

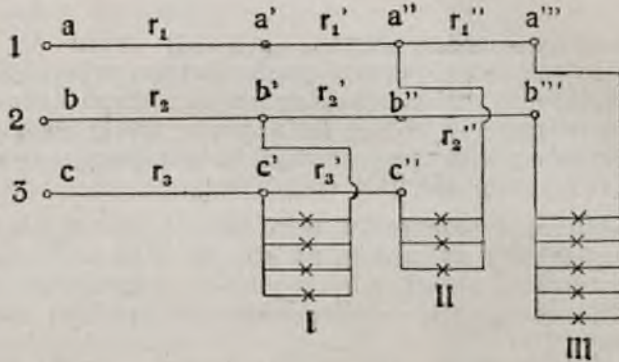
$$I_r = I \cdot \cos\varphi.$$

$I_r$  — prąd roboczy,  $I$  — cały prąd płynący do lampy lub silnika,  $\cos\varphi$  — współczynnik mocy.

Pozatem obliczenie należy prowadzić tak jakgdyby całe obciążenie było bezindukcyjne. Takie postępowanie opiera się na tem, że druga składowa prądu lamp i silników, prostopadła do napięcia na tych przyrządach, może wyrzucić tylko bardzo mały wpływ na spadek napięcia.

Dla ułatwienia korzystania z powyższych wskazówek podaję przykład obliczenia przekroju przewodników linii trójfazowej, rys. 29.





rys. 29.

Mamy trzy grupy lamp, z których I-a zużywa 4A, druga 6A i trzecia 5A, włączone kolejno na trzy fazy sieci. Odległość  $a' = a'' = a''' = 50$  metrów. Dla obliczenia przekroju drutów, które najdogodniej będzie wykonać na całej długości jednakowego przekroju, zakładamy, że całe obciążenie 15A znajduje się na odległości 100 m. od początku linii.

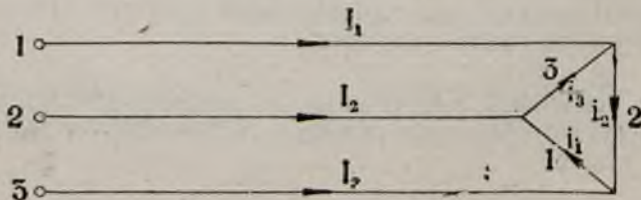
Jeżeli spadek napięcia przyjmiemy 2,6 wolta, to na podstawie podanego wzoru wypada:

$$q = \frac{15 \cdot 100}{57 \cdot 2,6} = 10,1 \text{ mm}^2.$$

Zaokrąglamy  $q$  na  $10 \text{ mm}^2$ .

Sprawdźmy teraz, o ile wynik takiego obliczenia jest zadowalniający.

Celem wykreślnego obliczenia spadku napięcia, przyjmuje-

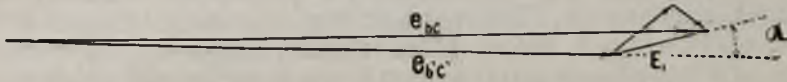


rys. 30.

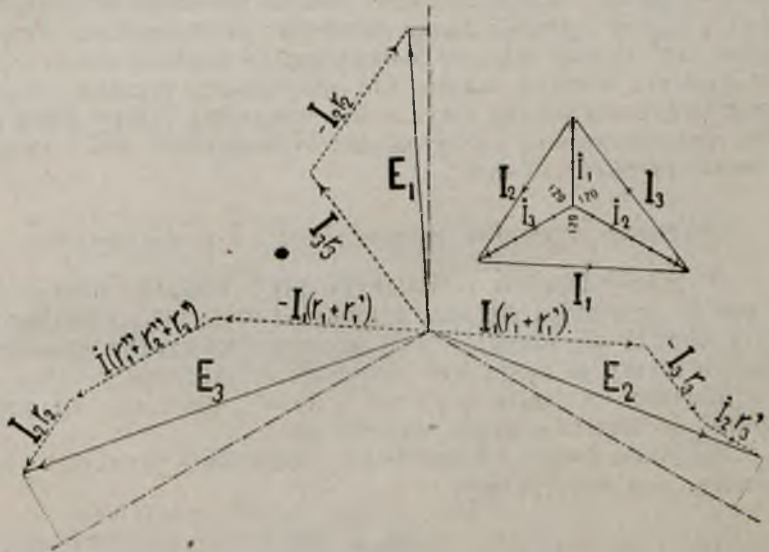
my dodatnie kierunki prądów i numerację faz, wskazane na rys. 30.

Wielkość i fazy poszczególnych prądów, przedstawione wykreślnie, widzimy na rys. 32 u góry z prawej strony; trójkąt ten łatwo wykreślić, znając  $i_1, i_2, i_3$ .

Dla obliczenia spadku napięcia od  $b c$  do  $b' c'$  (rys. 29) należy, zakładając napięcie na  $b c = e_{bc}$ , znaleźć napięcie na  $b' c' = e_{b'c'}$  przez odejmowanie geometryczne od  $e_{bc}$  spadków napięcia na  $b b' = (-I_2 r_2)$  i  $c c' = (+I_3 r_3)$  \*) rys. 31 wykonano bez zastosowania określonej skali. Spadek napięcia od  $b c$  do  $b' c'$  będzie  $e_{bc} - e_{b'c'}$ . Zwykle spadek napięcia wynosi zaledwie kilka procent całego napięcia; wobec tego wielkość  $E_1$  = geometrycznej sumie  $(+I_3 r_3)$  i  $(-I_2 r_2)$  jest mała, a kąt  $\alpha$  na rys. 31, wypada zwykle również niewielki. Można więc w przybliżeniu przy obliczeniach praktycznych przyjąć:  $e_{bc} - e_{b'c'} = E_1 \cos \alpha$ .



rys. 31.



rys. 32.

\*) Oznaczenie oporów poszczególnych części przewodników wskazano na rys. 29.

Na rys. 32 wykonane jest geometryczne dodawanie spadków napięcia w poszczególnych częściach linii; napięć  $e_{b,c}$   $e_{b',c'}$  i t. p. tu nie rysujemy, bo wypadłyby zbyt duże.

Obliczając według odpowiedniej skali rzut  $E_1$  na kierunek  $i_1$ , zgodny z  $e_{b',c'}$ ; otrzymamy spadek napięcia do pierwszej grupy lamp: 1,18 wolta.

Postępując w podobny sposób, dla określenia spadku napięcia od  $ac$  do  $a''c''$ , dodajemy geometrycznie:  $[+I_1 (r_1+r_1')]$ ,  $(-I_3 r_3)$  i  $(+I_2 r_3')$  (dla tej sumy przyjęto skalę dwa razy mniejszą w porównaniu z poprzednią); obliczając z rysunku rzut  $E_2$  na kierunek  $i_2$ , wypadnie spadek napięcia do drugiej grupy lamp 2,72 wolta.

Spadek napięcia do trzeciej grupy od  $ab$  do  $a'''b'''$  znajdziemy, dodając  $[-I_1 (r_1+r_1')]$ ,  $[i_3 (r_1''+r_2''+r_2')]$  i  $(-I_2 r_2)$ , (skala ta sama co dla drugiej grupy). Rzut  $i_3$  na kierunek  $i_3$  wpada 3,3 wolta.

Zestawiając wyniki obliczenia z założeniem, widzimy, że spadek napięcia do trzeciej grupy jest za duży. Chcąc względnie uczynić zadość postawionemu założeniu, wypadnie dać przewodnik następnym grubszy—16 mm<sup>2</sup>; wtedy wszystkie spadki napięcia zmniejszą się oczywiście w stosunku 10 : 16 i będą mniejsze od 2,6. Można jednak rozumować inaczej. Jeżeli trzecia grupa lamp oświetla pomieszczenia drugorzędne, np. składy lub coś podobnego, to większy nieco spadek napięcia wielkiej szkody nie przyniesie; pozatem można nieraz przypuszczać, że zwykle nie wszystkie lampy będą się palić jednocześnie i przyjmując to wszystko pod uwagę, zostawić przekrój 10 mm<sup>2</sup>.

#### *Obliczenie przekrojów przewodników na stratę energii.*

W przewodnikach zasilających przy niskich napięciach do 500 V przyjmują się straty mocy od 10 do 14% i podług tej straty oblicza się przekrój tych przewodników; przy wysokim napięciu straty te mogą być mniejsze, mianowicie 2—5%.

Również na stratę mocy od 5 do 8% obliczają się przewodniki do silników prądu zmiennego.

Wzór dla prądu trójfazowego, określający przekrój przewodnika, jest następujący:

$$q = \frac{W \cdot l \cdot 100}{k \cdot e^2 \cdot \cos^2 \varphi \cdot p}$$

$q$ —przekrój każdego z trzech przewodników w mm<sup>2</sup>,  $W$ —moc



prądu płynącego po przewodnikach w watach,  $l$ —długość każdego z trzech przewodników w metrach,  $e$  — napięcie w woltach,  $\cos\varphi$ —spółczynnik mocy,  $k$ —przewodnictwo materiału przewodnika (miedź 57, glin 35),  $p$  — strata mocy w procentach mocy  $W$ .

*Pojemność i samoindukcja przewodników.*

Pojemność i samoindukcja przewodników w sieci rozdzielczej zwykle nie bierze się pod uwagę, ze względu na mały wpływ tych czynników na spadek napięcia i stratę energii w przewodnikach.

Gdy jednak mamy do czynienia z długimi liniami, prowadzącymi prąd na dziesiątki i setki kilometrów, to czynniki powyższe muszą być uwzględnione.

Przewodniki powietrzne mają względnie małą pojemność; wystarczy zatem przy długościach niezbyt wielkich uwzględnić tylko samoindukcję.

Kable natomiast mają nieznaczną samoindukcję, ale dużą pojemność.

Dla obu przewodników razem wziętych, a prowadzących prąd jednofazowy, współczynnik samoindukcji  $L$  wyraża się w jednostkach *henry* następującym wzorem:

$$L = l \cdot \left[ 0,1 + 0,92 \log \left( \frac{D}{r} \right) \right] 10^{-3}.$$

$l$ —pojedyncza długość linii w km.

$D$ —odległość pomiędzy środkami drutów w cm.

$r$ —promień drutów w cm.

Dla jednego z trzech przewodników prowadzących prąd trójfazowy współczynnik samoindukcji w jedn. henry wyraża się wzorem:

$$L = l \cdot \left[ 0,05 + 0,46 \log \left( \frac{D}{r} \right) \right] 10^{-3}.$$

$l$ —pojedyncza długość linii w km.

$D$ —odległość pomiędzy środkami drutów w cm. (druty zawieszane w ten sposób, że ich osie przechodzą przez wierzchołki trójkąta równobocznego).

Pojemność kabli w *faradach* wyraża się następującymi wzorami:

Dla kabla dwuprzewodowego skręconego:

$$C = \frac{0,012. k. l.}{\lg. \left[ \frac{2a}{r} \cdot \frac{R^2 - a^2}{R + a^2} \right]} \cdot 10^{-6}.$$

$r$ —promień przewodników w cm.,  
 $R$ —promień wewnętrzny powłoki ołowianej uziemionej w cm.,  
 $a$ —odległość osi przewodnika do środka kabla w cm.,  
 $k$ —stała dielektryczna materiału izolacyjnego,  
 $l$ —długość kabla w km.

Dla kabla dwuprzewodowego koncentrycznego:

$$C = \frac{0,024. k. l.}{\lg. \left[ \frac{r_2}{r_1} \right]} 10^{-6}.$$

$r_1$ —promień zewnętrzny przewodnika wewnętrznego w cm.,  
 $r_2$ —promień wewnętrzny przewodnika zewnętrznego w cm.,  
inne litery mają to same znaczenie, co poprzednio.

Dla kabla trójprzewodowego, skręconego, przy prądzie trójfazowym, pojemność każdego przewodnika, liczona na napięcie fazowe równe  $\frac{E}{\sqrt{3}}$ , jeżeli  $E$  stanowi napięcie pomiędzy dwoma przewodnikami, wypada:

$$C = \frac{0,0483. k. l.}{\lg. \left[ \frac{3a^2}{r^2} \cdot \frac{(R^2 - a^2)^2}{R^2 - a^2} \right]} 10^{-6}.$$

$r$ —promień przewodników w cm.,  
 $R$ —wewnętrzny promień powłoki ołowianej uziemionej w cm.,  
 $a$ —odległość osi przewodników od środka kabla w cm.,  
inne litery mają to same znaczenie co poprzednio.

Wielkość  $k$ —jest zależna od rodzaju izolacji zastosowanej w kablu; dla materiałów pospolicie stosowanych (papier przesycony lub juta) w kablach dla prądów silnych  $k = 4,3$ .

#### *Przykłady.*

Zastosowanie wzorów dla samoindukcji wyjaśnię na następującym przykładzie.

Do pewnego miejsca odległego od elektrowni o 30 km. należy dostarczyć prądem trójfazowym 500 kw, przy  $\cos \varphi = 0,85$  na końcu linii. Przewodniki mają być powietrzne, obliczone

na stratę energii 8%. Należy obliczyć przekrój drutów i napięcie na początku linii, jeżeli napięcie na końcu wynosi 12000V (liczba okresów na sekundę 50).

Przekrój obliczamy ze wzoru podanego poprzednio, ponieważ samoindukcja na stratę energii wpływu żadnego niema:

$$q = \frac{500000 \cdot 30000 \cdot 100}{57 \cdot 12000^2 \cdot 0,85^2 \cdot 8} = 31,55 \text{ mm}^2,$$

Zaokrąglamy ten przekrój na 35 mm<sup>2</sup>.

Dla określenia spadku napięcia, obliczamy opór omiczny i współczynnik samoindukcji.

$$\text{Opór omiczny } r = \frac{l}{k \cdot q} = \frac{30000}{57 \cdot 35} = 15 \Omega$$

$$L = 30 \left[ 0,05 + 0,46 \log \left( \frac{70}{0,332} \right) \right] 10^{-3}$$

$$L = 0,0336 \text{ henry.}$$

Siła prądu w każdym drucie będzie:

$$I = \frac{500000}{\sqrt{3} \cdot 12000 \cdot 0,85}$$

$$I = 28,3 \text{ A}$$

Spadek napięcia omiczny w jednym drucie będzie:

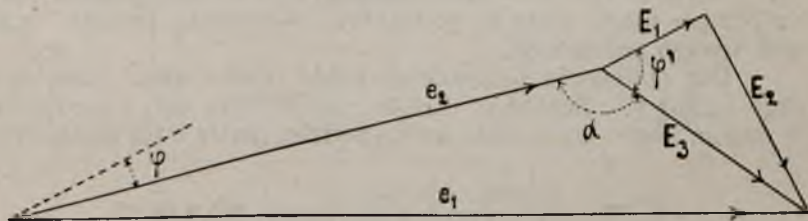
$$E_1 = 15 \times 28,3 = 425 \text{ V}$$

Spadek napięcia indukcyjny w jednym drucie będzie (liczba zmian prądu na sekundę  $z = 100$ ):

$$E_2 = I z \pi L = 28,3 \cdot 100 \cdot 3,14 \cdot 0,0336 = 298,5 \text{ V}$$

Wypadkowy pozorny spadek napięcia w jednym drucie będzie jak widać z rys. 33 (wykonany bez uwzględnienia skali):

$$E_3 = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \sqrt{425^2 + 298,5^2} = 524 \text{ V.}$$



rys. 33.



Z rysunku również widzimy że:

$$e_1 = \sqrt{e_2^2 + E_3^2 - 2e_2 E_3 \cos \alpha},$$
$$\text{a } \alpha = 180^\circ - \varphi^1 + \varphi$$
$$\operatorname{tg} \varphi^1 = \frac{z\pi L}{r} = \frac{100.3,14.0,0336}{15} = 0,703; \quad \varphi^1 = 35^\circ$$
$$\cos \varphi = 0,85, \text{ więc } \varphi = 31^\circ; \text{ a } \alpha = 176^\circ.$$

$e_2$  — jest to napięcie odpowiadające jednej fazie prądu trójfazowego w połączeniu w gwiazkę, a więc:

$$e_2 = \frac{12000}{\sqrt{3}} = 6925$$

$$\text{i } e_1 = \sqrt{6925^2 + 524^2 - 2 \cdot 6925 \cdot 524 \cdot \cos 176^\circ} = 7450.$$

Napięcie między przewodnikami wychodzącymi z elektrowni wypadnie:

$$7450 \cdot \sqrt{3} = 12900 \text{ volt.}$$

Takie więc napięcie powinno być utrzymywane na końcówkach dynamomaszyny.

Na powyższym przykładzie przeprowadzimy również obliczenie dla przewodnika kablowego.

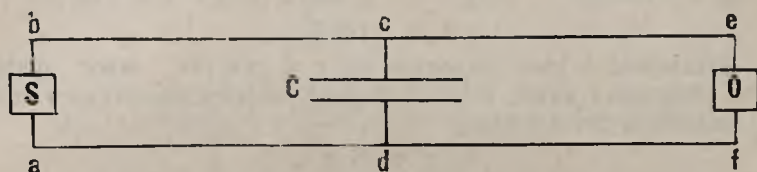
Przekrój przewodnika oblicza się tak samo jak poprzednio i wyniesie 35 mm<sup>2</sup>; inne są jednak teraz warunki wpływające na spadek napięcia.

Opór omiczny pozostaje oczywiście ten sam, co i poprzednio i wynosi 15 omów dla każdego drutu. Samoindukcja będzie tu bardzo mała, więc ją pomijamy, natomiast należy wziąć pod uwagę pojemność.

Dla obliczenia pojemności kabla trzeba mieć dane, co do jego budowy. Założmy:  $r=0,38$  cm.  $R=2,25$  cm, i  $a=1,2$  cm., w takim razie pojemność kabla będzie: (patrz wzór na str. 102).

$$C = \frac{0,0483 \cdot 4,3 \cdot 30 \cdot 10^{-6}}{\lg \left[ 3 \frac{1,2^2}{0,38} \cdot \frac{(2,25^2 - 1,2^2)^2}{2,25^2 - 1,2^2} \right]} = 5,9 \cdot 10^{-6}$$

Dla uproszczenia obliczenia zakładamy, że cała pojemność skupiona jest w środku kabla, jak na rys. 34.



rys. 34.

s — elektrownia, o — odbieracz, c — kondensator o pojemności równej pojemności kabla. Napięcia w rozmaitych miejscach linii oznaczamy w następujący sposób: na punktach a, b przez  $e_1$ , na c, d — e i na e, f —  $e_2$ .

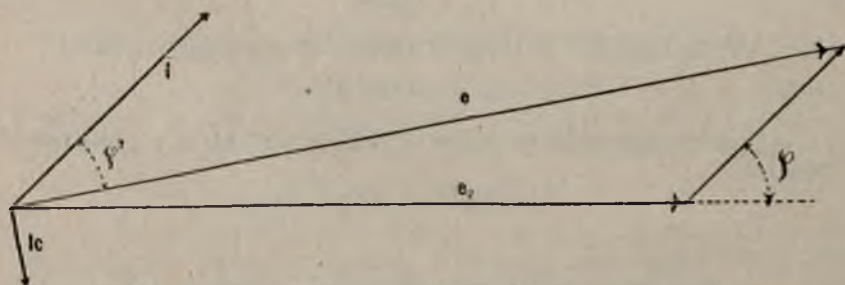
W połowie kabla ze strony odbieracza będzie płynął prąd taki, jaki odpowiada mocy 500 kw. przy  $\cos\varphi = 0,85$  i  $e_2 = 12000V$ , a więc 28,5A.

Spadek napięcia w połowie jednego przewodnika będzie:

$$7,5 \times 28,3 = 212,5V.$$

Dodając ten spadek do napięcia istniejącego na końcu kabla, otrzymamy napięcie w środku. Obliczenia te będziemy wykonywać na napięciu fazowym  $e_2 = \frac{12000}{\sqrt{3}} = 6925$ .

Kąt pomiędzy napięciem na końcu linii, a spadkiem napięcia wypadnie  $\varphi = 31,5^\circ$ , ponieważ według założenia  $\cos\varphi = 0,85$  a spadek napięcia jest w fazie z prądem.



rys. 35.

Napięcie fazowe w środku kabla  $e$  --obliczymy z trójkąta: (rys. 35) \*) według wzoru:

$$e = \sqrt{6925^2 + 212,25 - 2 \cdot 6925 \cdot 212,5 \cdot \cos 148,05}$$

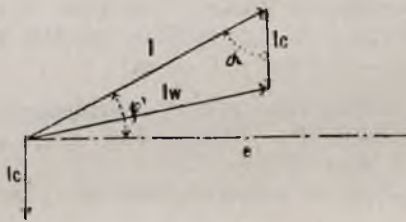
$$e = 7100V$$

Ponieważ  $e$  jest napięcie na  $c d$  rys. 34, więc podług niego obliczamy prąd, odpowiadający znanej pojemności przy 100 zmianach na sekundę.

$$I_c = e \cdot C \cdot z \cdot \pi.$$

$$I_c = 7100 \cdot 5,9 \cdot 10^{-6} \cdot 100 \cdot 3,14 = 13,16A.$$

$I_c$  będzie wyprzedzać  $e$  o  $90^\circ$ .



rys 36.

Wypadkowy prąd  $I_w$ , płynący w pierwszej połowie kabla, znajdziemy dodając geometrycznie  $I$  i  $I_c$  rys. 36.

Kąt  $\varphi'$  obliczamy wedł. rys. 35 ze wzoru:

$$\frac{\sin \varphi'}{\sin \varphi} = \frac{e_2}{e} = \frac{6925}{7100}$$

$$\varphi' = 30,05.$$

A kąt  $\alpha$  na rys. 36 będzie  $90^\circ - \varphi'$  a więc

$$\alpha = 59,05$$

$$I_w = \sqrt{I^2 + I_c^2 - 2I \cdot I_c \cdot \cos \alpha} = \sqrt{28,5^2 + 13,16^2 - 2 \cdot 28,5 \cdot 13,16 \cdot \cos 59,05}$$

$$I_w = 24,35 \text{ A.}$$

Spadek napięcia w połowie kabla ze strony elektrowni będzie:

$$7,5 \times 24,35 = 182,5 \text{ V.}$$

\*) Wszystkie rysunki, dotyczące tego przykładu, wykonano bez uwzględnienia określonej skali.

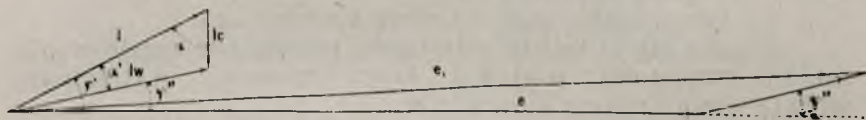


Kąt pomiędzy  $I$  i  $I_w$  oznaczamy przez  $\alpha'$  (rys. 37) i obliczamy go ze wzoru:

$$\frac{\sin \alpha'}{\sin \alpha} = \frac{I_c}{I_w} = \frac{13,16}{24,35}$$

$$\alpha' = 27,05$$

Kąt pomiędzy  $e$  i  $I_w$  będzie  $\varphi'' = \varphi' - \alpha' = 30,05 - 27,05 = 3,0$ .



rys. 37.

Dla wyznaczenia napięcia w elektrowni do  $e$  dodajemy geometrycznie spadek napięcia w połowie kabla ze strony elektrowni,  $=182,5V$ , rys. 37.

Wobec tego, że  $\varphi''$  jest tak małe, można przyjąć  $e_1 = 7100 + 182,5V = 7282,5V$ . A więc napięcie na przewodnikach przy wyjściu z elektrowni będzie:

$$7282,5 \cdot \sqrt{3} = 12610V.$$

Straty energii w miedzi będą tutaj trochę mniejsze, niż te, które były poprzednio w przewodnikach napowietrznych, wskutek tego, że prąd wypadkowy będzie teraz nieco mniejszy; natomiast jednak będą nowe straty dielektryczne w izolacji kabla. Dokładnych pomiarów dla tych strat mamy jeszcze zbyt mało, aby podać liczby, które możnaby było uwzględnić przy projektowaniu; pamiętać jednak należy, że przy długich liniach i wysokich napięciach straty te mogą wynosić kilka procent przenoszanej energii.

#### 4. Wybór rodzaju izolacji przewodników.

Dla ułatwienia wyboru odpowiedniego rodzaju przewodników w przystosowaniu do rozmaitych warunków, podaję zestawienie wiadomości o tym przedmiocie, oparte na praktycznych danych:

##### 1. Przewodniki gołe, miedziane.

Takie przewodniki stosuje się dla dowolnych napięć, zwykle zewnątrz budynków; wewnątrz zaś tylko tam, gdzie izolacja zwykła psuje się prędko pod wpływem pary i gazów zanieczyszczających powietrze; w tych wypadkach pozostawia

się przewodniki gołe, lub też pokrywa się je taką izolującą warstwą, która nie niszczy się pod wpływem wyżej wspomnianych czynników.

2. Przewodniki gołe glinowe (aluminiumowe).

Stosuje się je dla dowolnych napięć zewnątrz budynków tam, gdzie cena jest przystępna i gdzie mniejsza odporność na wpływy atmosferyczne oraz mniejsza wytrzymałość na zerwanie nie grają poważnej roli.

3. Przewodniki gołe z brązu krzemowego.

Stosuje się je wtedy, gdy trzeba przejść bez zamocowania znaczne rozpiętości, ponieważ brąz krzemowy wytrzymuje wielkie obciążenie na rozerwanie.

4. Przewodniki gołe z drutów żelaznych.

Stosuje się je czasem w obwodach lamp łukowych, gdy chodzi o to, aby urządzenie było tanie i opornik dodatkowy mały. Pamiętać jednak należy, że druty żelazne nawet cynkowane nieraz rdzewieją i w miejscach wyrdzewiałych często zrywają się.

5. Przewodniki izolowane Hacketh'ala, zrobione z miedzi oplecionej materiałem włóknistym, który jest przesycony mieszaniną minii z olejem lnianym.

Przewodniki te stosuje się dla napięć dowolnych, jako przewodniki napowietrzne zewnątrz budynków tam, gdzie one są wystawione na dotknięcie przez ludzi lub mogą się zetknąć z innymi przewodnikami. Pozatem takie przewodniki są odpowiednie w fabrykach chemicznych, przy wielkich piecach, garbarniach, browarach i t. p.

6. Przewodniki izolowane — miedź cynowana, warstwa bawełny, na tem taśma gumy naturalnej i znowu owinięcie z bawełny, a na tem plecionka przesycona.

Te przewodniki stosują się tylko wewnątrz budynku, do zawieszania na ścianach i sufitach na tynku, przy napięciach do 125V w lokalach zupełnie suchych.

7. Przewodniki izolowane — miedź cynowana, warstwa gumy wulkanizowanej, taśma gumowana i plecionka przesycona.

Przewodniki te mogą być stosowane wewnątrz budynków wszędzie, zamocowane nieruchomo, przy napięciach do 1000V i do przyrządów ruchomych przy napięciach do 500V.

8. Te same przewodniki jak №7, tylko z izolacją wzmocnioną.

Taki przewodnik stosuje się w lokalach wilgotnych (piwnicach, składach i t. p.).

9. Przewodniki w gumie dla wysokich napięć mają warstwę gumy wulkanizowanej przystosowaną do napięcia prądu.

Stosuje się je rzadko, mianowicie gdy wypada robić połączenia przyrządów wysokiego napięcia z kablami i t. p.

10. Przewodniki z cienkich drucików miedzianych — giętkie z izolacją № 7.

Stosuje się je wtedy, gdy przyłącza się do sieci przyrządy ruchome, zużywające silny prąd, np. lampy łukowe i t. p.

11. Przewodniki podwójne, nie skręcone, zaopatrzone w powłokę ochronną metalową z izolacją № 7.

Takie przewodniki stosują się tam, gdzie chodzi o prostotę montażu i łatwość ukrycia przewodnika w zagłębieniach ścian, szaf i t. p.

12. Przewodniki giętkie podwójne, w izolacji № 7, zaopatrzone w giętką powłokę z gumy, skóry, drutu lub taśmy metalowej (najtrwalsza skóra).

Stosuje się je do łączenia przyrządów przenośnych z siecią, tam gdzie przewodnik jest narażony na rozmaite czynniki, które łatwo mogłyby go uszkodzić.

13. Przewodniki sznurowe podwójne lub potrójne w izolacji № 6 (taśma gumowa).

Stosuje się je u nas jako przewodniki, umieszczane na sufitach i ścianach na tynku przy napięciach do 125V.

W Niemczech jednak są one zupełnie usunięte z użycia.

14. Przewodniki sznurowe podwójne lub potrójne z izolacją № 7 (guma wulkanizowana).

Stosowane są do prowadzenia po ścianach i sufitach przy napięciach do 1000V i do przyłączania przyrządów ruchomych przy napięciach do 500V.

15. Przewodniki sznurowe jak № 14 z sznurkiem lub żyłą z drucików do zawieszania.

Taki przewodnik stosuje się do doprowadzania prądu do lamp wiszących (do 250V).

16. Cienkie druty 0,75 i 1 mm<sup>2</sup> izolowane gumą wulkanizowaną i oplecione włóknistym materiałem przesyconym.

Te przewodniki pojedynczo lub oplecione po kilka razem stosuje się do prowadzenia prądu wewnątrz osprzętów lamp.

U nas do tego celu stosuje się także druty izolowane taśmą gumową lub wogóle bez gumy; lepiej jednak unikać stosowania drutów tego rodzaju. Również należy unikać stosowania drutów z izolacją z taśmy gumowej do zawieszania lamp podciąganych na bloczkach.

17. Kable składające się z jednego lub kilku przewodników miedzianych izolowanych papierem przesyconym i jutą w szczelnej powłoce ołowianej.



Takie kable stosuje się rzadko, np. gdy trzeba przeprowadzić linie przez mokrą piwnicę lub gruby przewodnik zamurować w ścianie; przy stosowaniu takich kabli należy zwracać uwagę aby czynniki chemiczne (np. wapno) nie uszkodziły powłoki ołowianej.

18. Kable takie, jak wyżej z powłoką jutową, asfaltowaną na ołowiu.

Tego rodzaju kable odpowiedniejsze są niż № 17 do prowadzenia w mokrych piwnicach; pozatem prowadzi się je w kanałach murowanych lub rurach betonowych i t. p.

19. Kable takie, jak wyżej (№ 18), opancerzone taśmą żelazną, zabezpieczoną od czynników chemicznych powłoką z juty asfaltowanej.

Te kable stosują się dla przewodników podziemnych, gdzie prowadzenie przewodników powietrznych jest utrudnione lub też gdzie chodzi o większą pewność w działaniu urządzenia i zachowanie zewnętrznego wyglądu budynków, placów i ulic.

20. Kable glinowe (aluminiowe) z izolacją jak wyżej. Kable te mało są stosowane; zaletą ich jest lekkość.

Wszystkie kable od № 17 do 20 robione są z izolacją na rozmaite napięcia i stosownie do tego mogą one być używane tylko do przepisanych napięć. Zwykle wyróżniamy kable do 700 V, do 3000 V i 10000 V; pozatem są kable na wyższe napięcia określane ściśle przez firmy wyrabiające je.

## 5. Zawieszenie i umocowanie przewodników.

Zawieszenie i umocowanie przewodników bywa rozmaite, zależnie od rodzaju samego przewodnika.

### *Przewodniki gołe i z izolacją haketalowską.*

Gołe przewodniki należy zawsze zawieszać na izolatorach płaszczowych, których wymiary powinny być przystosowane do przekroju przewodnika i do napięcia prądu.

Wewnątrz budynków odległość między punktami zamocowania wynosi zwykle kilka metrów (od 4 do 6 m.); odległość pomiędzy poszczególnymi przewodnikami wynosi od 15 do 20 cm., od ściany zaś 5 cm. Przy wysokiem napięciu odległość pomiędzy przewodnikami i od ścian lub wogóle nieizo-

lowanych przedmiotów powinna, wynosić najmniej 5 cm., a wogóle 1 cm. na każde 1000 V. Takie przewodniki, prowadzone koło ściany zewnątrz budynku, muszą znajdować się od ściany na odległości najmniej 10 cm., a wogóle po 1 cm. na każde 1000 V.

Odległość pomiędzy punktami zamocowania przewodników napowietrznych zewnątrz budynków na liniach prostych, stosuje się zwykle około 40 m.; największe odległości na liniach prostych, zależnie od sumy przekroju wszystkich drutów zawieszonych na słupach (łącznie z ochronnymi), są następujące:

	do 105 mm <sup>2</sup>	—	80 m.
od 105	„ 210	„	— 60 „
„ 210	„ 300	„	— 50 „
	ponad 300	„	— 40 „

Przy powyższych odległościach wymiary drewnianych słupów powinny czynić zadość następującemu równaniu:

$$Z = 1,2 \sqrt{D \cdot H}$$

Z—średnica słupa u góry w cm.

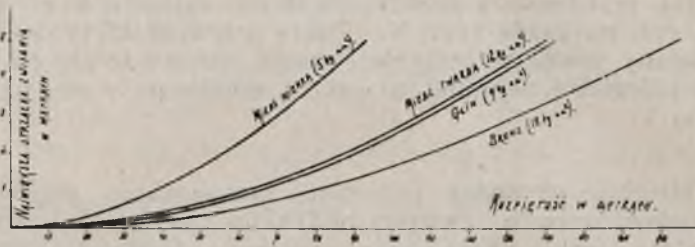
D—suma średnic wszystkich drutów, zawieszonych na słupie łącznie z ochronnymi w mm.

H—średnia odległość przewodników od powierzchni ziemi w m.

Wysokość H wybieramy, uwzględniając, że przy niskim napięciu najmniejsza odległość drutów od ziemi może być 2,5 m., zwykle zaś bywa od 4 do 5 m. Przy wysokim napięciu najmniejsza odległość przewodnika od powierzchni ziemi może wynosić 6 metrów.

Projektując wysokość zamocowania drutów, należy uwzględnić największą strzałkę zwisania normalnie wyprężonych drutów. Mogą się one zdarzyć przy wielkim upale lub dużej sadzi.

Dla rozmaitych materiałów strzałki te podane są na wykresie (rys. 38):



rys. 38.

Najcieńsze słupy stosowane w urządzeniach elektrycznych mają średnicę  $Z = 13$  cm. (niezależnie od wyników obliczenia ze wzoru); przy wysokim napięciu do 1000 V,  $Z$  nie powinno być mniejsze od 15 cm., a przy napięciu wyższym od 1000 V nie powinno być mniejsze od 18 cm.

Chcąc mieć słupy trwałe, należy je przesycać środkami przeciwniełniami (najlepiej sublimatem). Do ziemi zakopuje się słupy na głębokość równą  $\frac{1}{6}$  części długości słupa \*). Gdy grunt jest bardzo miękki, to stosuje się rozmaite umocowania np. kłoc betonowe.

Na łukach i przy krzyżowaniu się przewodników jednych z drugimi lub też z drogami stosują się odległości pomiędzy słupami mniejsze od wyżej podanych i słupy należy sprawdzać na wytrzymałość, obliczając na zgięcie.

Uwzględnić należy dwa momenty zginające: od ciśnienia wiatru i od ciągnięcia drutów.

Ciśnienie wiatru na słup obliczamy, przyjmując ciśnienie 125 kg. na  $1 \text{ m}^2$  płaszczyzny prostopadłej do kierunku wiatru. Ciśnienie wiatru na cylinder obliczamy, przyjmując 0,7 średnicy cylindra za jeden bok prostokąta, którego drugim bokiem jest wysokość cylindra. Punkt przyczepienia ciśnienia wiatru przyjmujemy w środku.

Aby znaleźć podstawę do obliczenia siły ciągnięcia drutów, należy przypuścić, że są one tak mocno wyprężone, jak na to pozwalają przepisy praktyczne; w takim razie w okolicznościach najgorszych naprężenie będzie wynosić: w drutach z miedzi miękkiej 5 kg. na  $\text{mm}^2$ , w drutach z miedzi twardej 12 kg na  $\text{mm}^2$  i z glinu 9 kg na  $\text{mm}^2$  \*\*).

\*) Zwykle od 1,5 do 2,5 m.

\*\*\*) w brązowych—18, w żelaznych—10, a w stalowych 35 kg. na  $\text{mm}^2$ .



Podług tego naprężenia można obliczyć siłę działającą od drutów na słup. Jeżeli słup jest przejściowy i druty rozchodzą się w różne strony, to należy przy obliczeniu uwzględnić wypadek oberwania się takich drutów, bez których pozostałe dadzą największą siłę wypadkową.

Kierunek siły ciągnięcia drutów przy obliczaniu słupów można przyjąć poziomy.

Jeżeli słup drewniany jest wyższy, niż 12 m., to należy uwzględnić tę okoliczność, że przekrój niebezpieczny nie leży przy podstawie, lecz na pewnej odległości X cm. od wierzchołka:

$$X = \frac{d}{2t}$$

d—średnica słupa przy wierzchołku w cm., t — przyrost średnicy w cm. na cm. długości słupa, zakładając, że słup jest dokładnie stożkowy.

Bezpieczne naprężenie w słupach drewnianych może być przyjmowane 70 kg. na cm<sup>2</sup>, w żelaznych ciągnionych rurowych lub kratowych 1500 kg. na cm<sup>2</sup>, w lanożelaznych, żeliwnych, konstrukcyjach tylko 300 kg. na cm<sup>2</sup>; przy innych materiałach można przyjmować trzecią część naprężenia rozrywającego.

Przy projektowaniu zamocowania drutów napowietrznych należy jeszcze mieć na uwadze następujące dane praktyczne co do odległości stosowanej zwykle pomiędzy poszczególnymi drutami. W urządzeniach z prądem niskiego napięcia przeciętna odległość pomiędzy poszczególnymi przewodnikami wynosi zwykle około 40 cm. Przy wysokim napięciu stosuje się odległości większe, zależnie od napięcia. Dla rozpiętości do 150 m. można posługiwać się następującą tabliczką:

10000 V	—	70	cm.
20000	„	85	„
30000	„	110	„
40000	„	135	„
50000	„	165	„
60000	„	200	„

Linie napowietrzne trzeba zaopatrywać w piorunochrony, szczególnie przy wyjściu z elektrowni, przy przejściu na linię kablową i przy wejściu do budynków, gdzie znajdują się od-

bieracze, pozatem zaś przy bardzo długich liniach napowietrznych—w kilku miejscach wzdłuż linii na odległości kilkuset metrów jeden od drugiego. Przy przejściu linii powietrznych na kable, przy wysokich napięciach prądu roboczego, konieczne są przyrządy zabezpieczające kabel od przebicia przy wyższe napięcia.

Przy prowadzeniu przewodników przez drogi bite i żelazne należy stosować urządzenia ochronne dla zabezpieczenia ludzi od obrywających się przewodników i wywracających się słupów. Najprostszы sposób polega na ustawieniu z obu stron drogi wysokich słupów, do których przewodniki byłyby przy-mocowane na takiej wysokości ażeby przy zerwaniu się koniec wiszącego przewodnika był odległy od powierzchni ziemi o 3 m.

Gdy zbudowanie odpowiednich słupów jest rzeczą zbyt kosztowną, można nie zamocowywać drutów na tych słupach, lecz tylko swobodnie zawieszać; w razie przerwania się drutu nad drogą, drut wyciągnie się wtedy z tych umocowań i upadnie po obydwóch stronach drogi.

Przy krzyżowaniu się z bardziej ruchliwemi drogami całą linię otacza się siatką drucianą lub też buduje się na odpowiedniej wysokości most, po którym na izolatorach przeprowadza się przewodniki.

Należy mieć przytem na względzie największe strzałki zwi-sania drutów. Strzałki te podane są dla drutów rozmaitego gatunku na wykresie str. 112. Części konstrukcyjne ochron zrobionych nad kolejami powinny znajdować się przy wysokiem napięciu na wysokości 2 m. nad przewodnikami telegraficznymi, a przy niskiem napięciu na wysokości 1 m.; w kierunku poziomym odległość ta nie powinna być mniejszą od 1,25 m. Pozatem, wszystkie urządzenia muszą być przystosowane oczywiście, do gabarytu \*) kolei.

Nieraz wypadnie taniej przeprowadzić linię pod drogą kablem opancerzonym w murowanym kanale lub w rurach żelaznych, górna krawędź rury powinna znajdować się na głębokości 1 m. pod powierzchnią ziemi. Należy wtedy wykonać nad-

---

\*) Gabarytem zwie się linja ograniczająca niezbędną przestrzeń wolną dla przejazdu pociągów.

zwyczaj dokładnie połączenia przewodników napowietrznych z kablem w lano-żelaznej mufie zalanej szczelnie dobrym materiałem izolacyjnym.

Przy krzyżowaniu się przewodników silnego prądu z telefonicznymi wystarczają zwykle siatki ochronne z drutu żelaznego cynkowanego, (grubość 3 mm), zawieszone w ten sposób, aby odrywający się drut telefoniczny nie dotknął drutów silnego prądu. Przy wysokim napięciu siatki ochronne i słupy metalowe powinny być uziemione. Można także stosować druty odpowiednio izolowane.

### *Kable.*

Kable w ołowianej powłoce asfaltowanej można przeprowadzać w murze pod tynkiem, najlepiej w gipsie, lub też na zewnątrz, umocowując je żelaznymi hakami do ściany z dodaniem miękkiej podkładki np. drewnianej aby kable nie uszkodzić. Zupełnie dowolnie, stosownie do warunków miejscowych, można umocowywać kable opancerzone. W ziemi kable układa się zwykle na głębokości około 70 cm. w rowie, którego dno można wysypać piaskiem ażeby kabel równiej leżał, z wierzchu na kablu układa się warstwę cegły; pod ulicami i drogami przeciąga się kable w rurach żelaznych lub też przykrywa się je zgóry korytkiem żelaznym. Przy połączeniu kabla z przewodnikami innego kabla, napowietrznymi lub ściennymi, a także przy odgałęzieniu, należy przewidzieć odpowiednie skrzynki lano-żelazne, które układa się wprost w ziemi na podkładkach z cegły, lub też przymocowuje się je do ścian albo do podłogi.

### *Przewodniki izolowane wewnątrz budynków.*

Przewodniki wewnątrz budynków najlepiej, ze względu na izolację, prowadzić przymocowując je do rolek porcelanowych zwykłych, gdy lokal jest suchy i z płaszczem, gdy pomieszczenie jest wilgotne lub mokre.

Odległość dwóch przyległych punktów umocowania nie powinna przewyższać 80 cm.

W lokalach suchych przewodniki spuszczone się pionowo po ścianach należy prowadzić w rurkach.

Wskazówki co do wielkości rolek, jakie należy stosować do pewnego przekroju drutu, podaję tu w nast. tablicy:



Największy przekrój drutu.	Wysokość rolki w mm.	Średnica rolki w mm.
2,5 mm <sup>2</sup>	14	16
10 „	21	24
35 „	28	32
70 „	35	40
95 „	42	48

Do przywiązywania przewodników na rolkach stosuje się najczęściej miękki drut miedziany cynowany, średnicy 1,5 mm i 2,5 mm. Do przywiązywania przewodników żelaznych należy stosować drut żelazny. Drut żelazny izolowany, o przekroju 1 mm<sup>2</sup>, można również stosować do przywiązywania miedzianych izolowanych przewodników. Stosując do przywiązywania drut goły, należy w miejscach zamocowania owijać przewodnik taśmą izolacyjną, ażeby nie uszkodzić izolacji przewodnika.

W mieszkaniach bardzo często stosuje się prowadzenie przewodników pod tynkiem w rurkach Bergmana lub Peschl'a; można również prowadzić przewodniki w rurkach kauczukowych. Połączenia i odgałęzienia robione są w odpowiednich skrzynkach. Głównym celem takiego urządzenia jest zachowanie właściwego wyglądu ścian i sufitu.

Zastosowując jednak sznury na rolkach Peschl'a, można wykonać urządzenie pewniejsze pod względem izolacji, a zarazem mało zmieniające pierwotny wygląd lokalu, mianowicie, jeżeli barwa sznura jest odpowiednio dobrana.

Przewodniki sznurowe, schodzące na dół po ścianach, należy prowadzić w miarę możliwości w rurkach izolacyjnych.

Przez ściany sznur przeprowadza się oczywiście w jednej rurce kauczukowej.

Odgałęzienia i połączenia w przewodnikach sznurowych wykonywać należy za pomocą rozetek z kontaktami zaciskowymi. Przewodniki sznurowe pod zaciskami powinny być

oblutowane, ażeby poszczególne druciki stanowiące sznur, były między sobą dobrze połączone.

Ważniejsze gatunki rurek i ich zastosowanie do prowadzenia przewodników podają tu w następującem zestawieniu:

Rurki papierowe w powłoce mosiężnej są najodwiedniejsze do prowadzenia przewodników na tynku w lokalach suchych.

Rurki papierowe w powłoce żelaznej lakierowanej albo emaliowanej mogą być stosowane, jak poprzednie.

Rurki papierowe w powłoce żelaznej obołwionej są najodpowiedniejsze do prowadzenia drutów pod tynkiem lub też w lokalach, gdzie mosiądz może być uszkodzony pod wpływem czynników chemicznych.

Rurki papierowe w grubej powłoce stalowej (grubość powłoki od 1,5 do 2,5 mm.) stosuje się wszędzie, gdzie rurka może być narażoną na uszkodzenia mechaniczne; w takich rurkach można przeprowadzać druty pod podłogą lub też w podłodze do silników, dynamomaszyn i t. p.

Rurki papierowe w powłoce stalowej cynkowanej umieszcza się w takich wypadkach, gdy należy obawiać się uszkodzeń mechanicznych i chemicznych np. w kopalniach i t. p.

Jeżeli prowadzimy przewodniki w rurkach, to dla umożliwienia wciągania przewodników w ułożone i umocowane rurki konieczną jest rzeczą stosować odpowiednią średnicę rurki a to stosownie do przekroju i liczby drutów. Odpowiednie praktyczne przepisy podają tu w dwóch tablicach.

Dla rurek z izolacją w środku.

Przekrój drutu w mm.	Liczba drutów w izolacji gumowej wulkanizowanej.					
	Rurki ułożone na tynku			Rurki pod tynkiem.		
	1	2	3	1	2	3
	Wewnętrzna śr. rurki w mm.			Wewnętrzna śr. rurki w mm.		
1,5	9	13,5	16*	9	16*	16
2,5	9	16*	16	9	16	16
4	11	16	23	11	2 po 11	3 po 11
6	13,5	23	23	13,5	2 po 13,5	3 po 13,5

W wypadkach oznaczonych gwiazdką, rurki krótkie najwyżej z dwoma kolankami np. prowadzące druty do wyłącz-

ników i kontaktów, mogą mieć średnicę 13,5 mm zamiast 16 mm. Przy wysokim napięciu nie stosuje się rurek cieńszych od 15 mm.

Dla rurek Peschla bez izolacji.

Średnica rurki w mm.	Przekrój drutu w mm <sup>2</sup> przy liczbie drutów.				Dopuszczalne obciążenie rurki prądem, przy użyciu jej jako przewodnika uziemionego
	1	2	3	4	
8	1,5	—	—	—	10
14	6	2,5	1,5	—	15
18	16	6	4	2,5	20
26	50	16	10	6	30
37	120	50	35	16	40

W rurekach Peschla prowadzi się druty w gumie wulkanizowanej; dane w tablicy stosują zatem się do takich właśnie drutów.

Rurki kauczukowe pod względem liczby umieszczanych w nich przewodników stosują się do tablicy rurek z izolacją. Średnice rurek kauczukowych, zwykle stosowanych bywają następujące (w mm.):

Śr. wewnętrzna: 7—9—11—14—16—20—25—30  
 Śr. zewnętrzna: 10—12—14—17—20—24—29—35.

Rury gazowe mają następującą średnicę: w mm i w calach angielskich:

Śr. wewnętrzna	{	cale	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{3}{4}$
		mm.	3,18	6,35	9,53	12,7	15,88	19,65
Śr. zewnętrzna		mm.	10,32	13,49	15,88	20,64	23,02	26,19.



Sr. wewnętrzna	{	cale	$\frac{7}{8}$	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$	2
		mm.	22,23	25,04	31,75	38,10	44,50	50,80
Śr. zewnętrzna		mm.	30,10	33,34	41,27	47,62	53,97	60,33.

Podane w tych tablicach rurki Peschla, kauczukowe i gazowe, mają następujące zastosowanie:

Rurki Peschla najwłaściwsze są tam, gdzie chodzi o wyzyskanie ich jako przewodnika uziemionego.

Rurki kauczukowe stosuje się zwykle do prowadzenia drutów przez ściany, sufity i t. p.; na końcach zaopatruje się je w gilzy porcelanowe. Gdy przejście prowadzi na zewnątrz budynku, to ze strony zewnętrznej zamiast gilz, umieszcza się fajki porcelanowe. Przy przejściach przez podłogę rurki izolacyjne umieszcza się wewnątrz rurek gazowych, które muszą wystawać nad podłogą przynajmniej na wysokość 10 cm.

Pozatem rury gazowe stosowane są w rozmaitych wypadkach dla ochrony rurek izolacyjnych i przewodników kablowych.

Przy obliczaniu ilości rurek potrzebnych do danego urządzenia należy mieć na względzie następujące dane praktyczne:

Rurki izolacyjne są zwykle wyrabiane w kawałkach, długość których wynosi 3 m.  $\frac{3}{4}$  wszystkich potrzebnych rurek należy zaprojektować z mufkami do łączenia tychże.

Dla małych pokojów na każde 2 m. rurki potrzebne jest jedno kolanko, w dużych zaś na każde 3—4 m. Na każdy metr rurki należy przewidzieć dwa umocowania (np. klamerki).

Do łączenia rurek przeciętych należy przewidzieć jeszcze po jednej mufce na każde 6 m. rurki, nie licząc mufek poprzednio przewidzianych przy całych rurkach i przy kolankach.

Na 1000 m. rurek potrzeba 1 kg. kitu i 1 kg. talku (w proszku) dla ułatwienia przeciągania drutów.

Przy wysokiem napięciu należy przewidzieć metaliczne połączenie pomiędzy kawałkami rurek lub pomiędzy ich powłokami i uziemienie przez odpowiednie połączenie z przewodnikami uziemionymi.

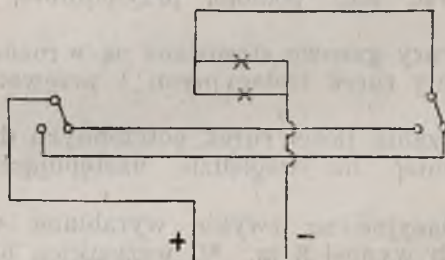
## 6. Wybór bezpieczników, wyłączników i kontaktów ściennych.

Bezpieczniki dla poszczególnych odgałęzień grupuje się w tabliczki, o których mowa dalej; tutaj zwracamy uwagę na to

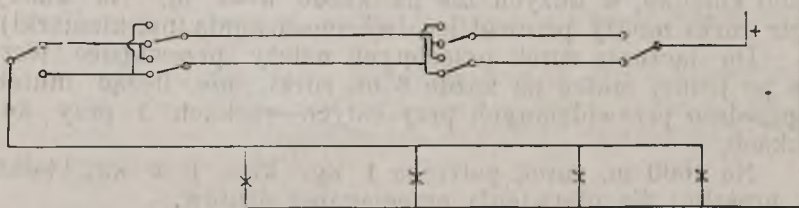
że w tym wypadku, gdy na jednej linii jest kilka silników, przed każdym silnikiem należy umieścić bezpieczniki. Do 50 amperów najodpowiedniejsze są bezpieczniki korkowe, powyżej—paskowe, zaopatrzone w pokrywki.

Wyłączniki do 10A przeważnie stosuje się pudełkowe, powyżej zaś 10A, drążkowe—momentalne z pokrywkami.

Wyłączniki i bezpieczniki muszą być przystosowane do siły prądu i napięcia. Ponadto należy mieć na względzie rozmaite rodzaje wyłączników pudełkowych do zapalania lamp grupami lub z kilku miejsc. Dwa ważniejsze schematy zapalania lamp z dwóch miejsc tudzież na schodach z każdego podestu, wskazano na rys. 39 i 40.



rys. 39.



rys. 40.

Kontakty ścienne zaopatruje się zwykle w bezpieczniki w gniazdach lub w kołku. Stosuje się przytem rozmaite konstrukcje, zależnie od siły prądu i napięcia od 6 do kilkadziesiątu amperów.

Pozatem należy zwrócić uwagę, że wszystkie bezpieczniki, wyłączniki i kontakty powinny być przystosowane do warunków zewnętrznych. W lokalach wilgotnych należy sto-

sować przyrządy możliwie szczelnie zamknięte. W pomieszczeniach wypełnionych gazami i parami gryzącymi należy je chronić od uszkodzenia przez pomalowanie odpowiednią farbą i wybierać budowę albo szczelnie zamkniętą lub też zupełnie otwartą, przy której poszczególne części należy możliwie zabezpieczyć przez pomalowanie.

W lokalach z materyałami palnymi należy stosować przyrządy dobrze zabezpieczone.





















Na wtórnych tablicach rozdzielczych ustawiają się zwykle tylko wyłączniki i bezpieczniki, a nieraz tylko bezpieczniki, o ile niema potrzeby wyłączać obwodów pod prądem przy tabliczce. Bezpieczniki i wyłączniki umocowuje się najczęściej na tablicy marmurowej, która osadza się na śrubach żelaznych w ścianie. Jeżeli druty prowadzone są pod tynkiem, to można umieszczać tabliczkę we wgłębieniu w murze.























Dla zabezpieczenia tabliczek od dostępu niepowołanych osób, najlepiej przykrywać je szafkami zamykanymi na klucz. W każdym razie atoli należy tak projektować tabliczki i szafki, ażeby po zdjęciu szafki tabliczka była dostępna do obejrzenia i sprawdzenia zamocowania i izolacji drutów, odprowadzających prąd od tabliczki; pozatem należy zapewnić przepływ świeżego powietrza za tabliczką.

Chcąc mieć urządzenie wzorowe, trzeba stosować takie zaciski przy tabliczkach rozdzielczych, ażeby wszystkie druty zaciskały się za pomocą śrubek zakręcanych od przodu tabliczki.



## 7. Oznaczenia na planach urządzeń elektrycznych.

	Dynamomaszyna albo silnik prądu stałego.
	Dynamomaszyna albo silnik jednofazowy.
	Dynamomaszyna albo silnik trójfazowy.
	Transformator jednofazowy.
	Transformator trójfazowy (jedno uzwojenie w trójkąt, drugie w gwiazdę).
	Akumulatory z podwójną ładownicą.
	Dławnik.
	Przerywacz pudełkowy jednobiegunowy.
	Przerywacz pudełkowy dwubiegunowy.
	Przełącznik pudełkowy jednobiegunowy.
	Wyłącznik drążkowy jednobiegunowy.
	Wyłącznik trójbiegunowy.
	Przełącznik z przerwaniem prądu dwubiegunowy.
	Przełącznik bez przerwy.
	Przerywacz maksymalny automatyczny.
	Przerywacz minimalny automatyczny.
	Opornik stały (np. do lamp łukowych).
	Opornik z regulacją.
	Kontakt ścienny.
	Bezpiecznik.

-  Bezpiecznik trójbiegunowy.
-  Amperomierz.
-  Woltomierz.
-  Watomierz.
-  Licznik.
-  Lampa żarowa nieruchoma.
-  Lampa żarowa przenośna albo podciągana.
-  Zyrandol, kinkiet albo kandelabr z 5 lampami.
-  Lampa łukowa albo inne silne źródło światła (liczba wskazuje siłę prądu).
-  Przewodnik podwójny umocowany, nieruchomy.
-  Przewodnik pojedynczy.
-  Przewodnik ruchomy.
-  Przewodnik schodzący z góry.
-  Przewodnik idący z dołu.
-  Przewodnik idący do góry.
-  Przewodnik idący na dół.
-  Słup drewniany.
-  Słup żelazny.
-  Mufa kablowa.
-  Piorunochron, bezpiecznik od zwyżki napięcia.
-  Bezpiecznik do przebicia.
-  Kondensator.

## ROZDZIAŁ VIII.

### Kosztorys budowy.

Przy projektowaniu urządzeń elektrycznych zależy nie-  
raz na obliczeniu przybliżonego kosztu budowy.

Dla umożliwienia układu takiego przybliżonego kosztory-  
su, podaję tu trochę danych co do cen poszczególnych części  
urządzenia.

Ceny są wzięte częściowo z katalogów, częściowo zaś  
z podręcznika Hoppego tudzież z miejscowej praktyki budowla-  
nej i instalacyjnej.

#### 1. Budowle.

Kotłownia: za 1 m<sup>2</sup> zabudowanej powierzchni budynku  
przy wysokości od 4 do 5 m.:

wiązania drewniane	20—24	rubli
„ żelazne	22—26	„

Sala maszyn: za 1 m<sup>2</sup> zabudowanej powierzchni:

Skromna, wysokość ścian	5 m.	—27	rb.
„ „ „	7 „	—37	„
Wykwintna, „ „	5 „	—40	„
„ „ „	7 „	—55	„

Fundamenty pod maszyny można obliczać po 12 rb. za 1 m<sup>3</sup>.

#### 2. Silniki.

Kompletne urządzenie silnika parowego z kotłem, obmu-  
rowaniem, kominem i silnikiem:



Moc w koniach:	3	6	10	16	25	
Cena w rublach:	1500	2400	4000	5000	7000	
Moc w koniach:	40	60	100	200	300	500
Cena w rublach:	10000	13000	18000	35000	44000	64000

Kompletne urządzenie silnika z gazem ssanym, z generatorem gazu, silnikiem do oświetlenia elektrycznego i rurami, bez montażu:

Moc w koniach:	10	15	20	25	35	40
Cena w rublach:	3700	4400	5300	6100	7100	8000
Moc w koniach:	45	70	80	90	100	125
Cena w rublach:	9200	12600	15600	18400	20400	25500

Kompletne urządzenie silnika naftowego do oświetlenia elektrycznego (dla silników o mocy powyżej 30 koni przewidziano przyrząd rozruchowy), bez montażu.

Moc w koniach:	1	3	5	7	10	13	16	20
Cena w rublach:	640	900	1400	2000	2560	2990	3340	3870
Moc w koniach:	25	30	40	50	60	80		
Cena w rublach:	4600	5270	6930	9380	10300	13000		

Kompletne urządzenie z silnikiem Diesla.

Moc w koniach:	6	15	25	40	75	125
Cena w rublach:	3000	5200	6600	10000	15000	22800
Moc w koniach:	140	300	450	500		
Cena w rublach:	24000	45000	66000	75000		

Turbiny wodne Francisa z regulacją ręczną mają cenę zależną od średnicy wirnika D:

Wał pionowy.

D.	Cena w rublach
400—700	700—1300
500—600	980—1150
700—900	1300—1650
1000—1200	1780—2800
1300—1500	3300—4200

Wał poziomy.

D.	Cena w rublach
400—700	800—1400

Podany tu koszt odpowiada długości wału 3,5 m. i długości rury ssącej 1 m. bez montażu i robót budowlanych.

Silnik powietrzny: cena łącznie z pędną i wieżą wysokości 12 m., nad ziemią.

Moc w koniach przy ) wietrze 6—7 m. na sek. {	2	3	5	7	10	15
Cena w rublach:	1000	1500	1600	3000	3500	4000

### 3. Dynamomaszyny.

Cena dynamomaszyn prądu stałego (do 500 V) boczniowych, do popędu pasowego, z szynami do naciąga-

nia pasa, śrubami fundamentowymi i opornikiem regulacyjnym:

Moc w kw:	2	4	10	15	20	30	35	45	60	75
Cena w rub.:	300	400	600	900	1150	1500	1800	2000	2700	2900
Moc w kw:	100	120	150	190	225					
Cena w rublach:	4200	5200	6400	8400	9400					

Cena dynamomaszyn obracających się powoli przy bezpośrednim połączeniu z wałem silnika:

Moc w kw:	2,5—6	8—16	20—70	80—90	100—150
Cena w rb.	600—800	900—1400	1500—3900	4300—5100	5600—7600

Ceny dynamomaszyn prądu trójfazowego (do 1000 V dla maszyn o małej mocy i do 6000 V dla maszyn o dużej mocy) z kołem pasowym, szynami do naciągania pasa, śrubami fundamentowymi i opornikiem regulacyjnym.

Przy 1000 obr. na min.

Moc w kw:	10	15	20	30	40	50
Cena bez dynam. wzbudzającej:	1000	1200	1300	1500	1900	2100
Cena z dynam. wzbudzającą:	1400	1800	1900	2200	2600	2800

Przy 750 obr. na min.

Moc w kw:	40	50	75	100	125	150
Cena bez dynam. wzbudzającej:	2000	2400	3000	3400	3700	4200
Cena z dynam. wzbudzającą:	2700	3100	3700	4100	4400	4900



#### 4. Akumulatory (ołowiane).

Cena jednego ogniwa bez kwasu.

Typ:	11	12	13	14	15	16	18	110	112
Cena w rublach:	8	12	16,5	20,5	25,0	30,0	38,0	45,0	53,0

Typ:	114	116	118	120	124	128	132	136	140
Cena w rublach:	61,5	70,0	77,5	86,0	105	120,5	136,5	152,5	168,5

Koszta dodatkowe przy ustawianiu baterii: opakowanie, rusztowanie, naczynia do kwasu, kwas, ustawienie i puszczenie w ruch, wynoszą pewien procent w stosunku do ceny ogniw, zmienny w zależności od typu ogniwa, mianowicie:

Typ:	od 1 <sub>1</sub> do 1 <sub>6</sub>	od 1 <sub>6</sub> do 1 <sub>16</sub>	od 1 <sub>16</sub> do 1 <sub>40</sub>
%	36	25	20

Cena przewodników od baterii do ładownicy podwójnej wraz z ułożeniem wynosi:

Normalna siła prądu baterii:	20	40	80	100	165	235
Cena w rublach:	50	70	110	180	310	425

#### 5. Transformatory.

Cena transformatorów na prąd jednofazowy, łącznie z oliwą (do 10000 V).

Moc w kw:	1	3	5	10	20	30	50
Cena w rublach:	100	130	170	250	540	720	960

\*Cena transformatorów na prąd trójfazowy, łącznie z oliwą (do 10000 V).

Moc w kw:	1	3	5	10	20	30	50	100
Cena w rublach:	210	420	450	540	660	720	1000	1560

## 6. Tablice rozdzielcze.

Ceny tablic umontowanych, z przyrządami i połączeniami do 250 V. dla jednej dynamomaszyny, są następujące:

Prąd stały bez akumulatorów.

Prąd normalny w amperach: 50 100 200 400

Cena w rublach: . . . . 250 270 350 380

Prąd stały z akumulatorami, których moc wynosi  $\frac{3}{4}$  mocy dynamomaszyny, ładownica podwójna.

Prąd normalny w amperach: 50 100 200 400

Cena w rublach: . . . . 400 450 500 575

Prąd trójfazowy np. 250 V.

Prąd normalny w amperach: 50 100 200 400

Ceny w rublach: . . . . 350 400 475 550

Przy wysokiem napięciu można rachować podwójnie.

## 7. Przewodniki.

Koszt przewodników głównych, zasilających i rozdzielczych, prowadzących prąd do tablic wtórnych, można obliczyć na podstawie następujących danych:

Gołe przewodniki miedziane (ceny bardzo zmienne, podane tutaj stosują się do roku 1910).

Przekrój w mm<sup>2</sup>: 1,5 2,5 4 6 10 16 25 35 50 70

Cena za 1000 m. w rb. 33 54 84 124 210 330 520 725 1060 1500

Przekrój w mm<sup>2</sup>: . 95 120 150 185 240 310 400

Cena za 1000 m. w rb. 2050 2450 3300 3800 5050 6500 8400

Przewodnik, izolowany specjalnie preparowaną przędzą  
(haketalowski).

Przekrój w mm <sup>2</sup> . . .	1	1,5	2,5	4	6	10	16	25
Cena za 1000 m. w rb.	50	95	130	175	240	370	570	840
Przekrój w mm <sup>2</sup> . . .	35	50	70	95	120	150		
Cena za 1000 m. w rb.	1140	1620	2200	2910	3630	4490		

Dla przewodników izolowanych podaję następującą tablicę cen według marek: P.I.—w gumie naturalnej; P.U.R. — w gumie wulkanizowanej, warstwa cienka; P.R.D.— w gumie wulkanizowanej, warstwa grubsza. Cena za 1000 m. w rublach.

Przekrój w mm <sup>2</sup> .	P.I.	P.U.R.	P.R.D.
1	58	96	138
1,5	70	116	160
2,5	105	160	220
4	150	220	260
6	210	310	360
10	330	500	560
16	560	750	840
25	790	1080	80
35	1080	1420	1580
50	1500	2000	2200
70	2070	2700	2980
95	2760	3600	4000
120	3440	4400	4920
150	4290	5400	6000



Ceny kabli są tu podane w następujących trzech tablicach w zależności od rodzaju izolacji i warstw ochronnych. Uwzględnione są następujące rodzaje: S. K. G.—kabel w powłoce ołowianej gołej, S. K. A.—kabel w powłoce ołowianej owiniętej dżutem asfaltowanym, S. K. B.—kabel zaopatrzony w pancerz żelazny. Pozatem rodzaj izolacji określony jest najwyższem napięciem—e, przy którym kabel może być stosowany.

Ceny podane są dla kilku przekrojów przewodników; dla innych można znaleźć cenę przez interpolację.

Kable jednożyłne.

Marka	S. K. G.	S. K. A.	S. K. B.	S. K. G.	S. K. A.	S. K. B.
e	250	250	250	700	700	700
Przekrój w mm <sup>2</sup> .	Cena w rublach za 1000 m.					
1,0	210	310	—	280	400	—
2,5	260	360	—	340	470	—
6,0	400	510	640	500	630	810
25	1000	1140	1300	1120	1280	1450
70	2260	2430	2700	2440	2650	2920
150	4330	4540	4780	4780	4950	5130
400	—	—	11410	—	—	12000
1000	—	—	26200	—	—	27200

Kable dwużyłne.

Marka	S. K. A.	S. K. B.	S. K. B.	S. K. B.	S. K. B.
e	600	600	1000	2000	3000
Przekrój w mm <sup>2</sup> .	Cena w rublach za 1000 m.				
2×6	1210	1560	1580	1980	2350
2×16	2130	2550	2600	3000	3600
2×35	3640	4170	4240	4690	5260
2×95	7680	8050	8290	9230	10170
2×150	11540	11690	11860	13110	14430

Kable trójżyłne.

Marka	S. K. A.	S. K. B.	S. K. B.	S. K. B.	S. K. B.	S. K. B.	S. K. B.	S. K. B.
e	600	600	1000	2000	3000	5000	7000	10000
Przekrój w mm <sup>2</sup> .	Cena w rublach za 1000 m.							
3×6	1440	1810	1840	2220	2820	3050	—	—
3×10	1880	2280	2330	2710	3260	3740	4750	—
3×16	2630	3100	3190	3630	4320	4650	5250	6590
3×35	4460	5060	5180	5670	6800	7180	7860	9220
3×70	7710	8590	8750	9360	10130	10860	12200	13800
3×95	9900	10760	10960	11690	12840	13390	—	—
3×150	14700	15800	16050	16600	18420	—	—	—
3×240	—	24730	24900	—	—	—	—	—

8. Izolatory porcelanowe, konstrukcye żelazne i słupy.

Izolatory płaszczowe z hakiem dla przewodników napowietrznych kosztują, zależnie od wymiarów i rodzaju haka, od 35 do 95 rb. za 100 szt.

Roleki na dyblach żelaznych, po dwie na jednym dyblu, kosztują z dyblami od 15 do 45 rb. za 100 par, zależnie od wielkości rolek i konstrukcji dyblów.

Konstrukcye żelazne po 25—90 k. za kilogram.

Słupy drewniane — od 6 do 15 rb. za sztukę.

9. Rurki izolacyjne i części do umocowania rurek.

Cena rurek izolacyjnych za 1000 m. w rublach wynosi:

Średnica w mm.	P o w ł o k a:		
	mosiężna	żelazna obołowiona	stalowa
9	25	16	55
11	30	20	68
13,5	35	22	73
16	45	25	88
21	58	32	120
23	65	37	—
29	85	52	180
36	95	62	268

Cena kolanek z powłoką mosiężną i żelazną wynosi: od 14 do 85 rb. za 100 szt., a ze stalową od 20 do 192 rb. za 100 sztuk.

Cena klamerek do rurek z powłoką mosiężną i żelazną: od 70 k. do 3,50 rb. za 100 szt. a dla rurek z powłoką stalową: od 80 k. do 7 rb.

Cena dybli stalowych z muterkami do klamerek od 1 rb. do 1,85 rb. za 100 szt.

Skrzynki na odgałęzieniach do rurek z powłoką mosiężną i żelazną, z zaciskami na porcelanie, kosztują od 48 do 113 rb. za 100 szt., a do rurek z powłoką stalową od 105 do 545 rb. za 100 szt.



Gilzy porcelanowe do rozmaitych rurek kosztują od 90 k. do 30 rb. za 100 szt., a fajki od 3,50 do 45 rb. za 100 szt.

Kit czarny kosztuje 2,10 rb. za funt, masa izolacyjna—75 k. za funt, taśma izolacyjna—1,80 rb. za funt.

## 10. Dane ogólne co do kosztów urządzenia sieci.

Koszt urządzenia oświetlenia elektrycznego wewnątrz lokali można obliczyć w przybliżeniu na podstawie następujących danych:

Koszt urządzenia wewnątrz lokali z tabliczką rozdzielczą, przewodnikami, wyłącznikami, osprzętem lamp, a więc kinkietami, żyrandolami i t. p. z montażem wynosi na jedną lampkę żarową:

w fabrykach mechanicznych . . . . .	od	7	do	12	rb.
„ chemicznych . . . . .	„	9	„	20	„
„ mieszkaniach i biurach . . . . .	„	5	„	25	„
„ hotelach, restauracjach, teatrach i t. p. „	„	10	„	30	„

Koszt urządzenia jednej lampy łukowej z przewodnikami, opornikiem i zawieszeniem, przy odległości od elektrowni do 100 m., od 75 do 125 rb. za jedną lampę. Wewnątrz budynków taniej niż zewnątrz, w fabrykach taniej, niż w salach publicznych.

## 11. Koszt tabliczek rozdzielczych.

Dla obliczenia kosztu tabliczek rozdzielczych do silników podaję następujące ceny:

Bezpieczniki korkowe z korkami i śrubkami kosztują:

Liczba biegunów:	2	3	2	3
Ampery.	2—20	2—20	25—60	25—60
Cena w rublach:	2,00	3,00	4,00	6,40

Bezpieczniki paskowe na tablicach łupkowych (szyfrowych)  
kosztują wraz z paskami:

Ampery.	dwubieg.	trójbieg.
	R u b l e.	
50	4	5,50
100	od 6,5 do 10	od 9 do 14
200	„ 13,5 „ 18,5	„ 19,5 „ 27,5
400	„ 22,5 „ 41	„ 32,5 „ 60,5

Wyłączniki drążkowe kosztują:

Ampery.		jednobieg.	dwubieg.	trójbieg.
250 V	500 V	R u b l e		
30	10	2	4	5
60	40	4,5	7	9,5
100	60	5,5	9,5	12
150	100	9	14	18
300	200	11	18	24
400	300	16	26,5	39

Amperomierze techniczne kosztują:

Ampery:	10—30	40—80	100—600
Ceny w rublach:	15	20	25

Marmur do tabliczek kosztuje około 0,2 — 0,3 kopiejki za 1 cm<sup>2</sup>; większe tabliczki są tańsze.

## 12. Silniki elektryczne.

Ceny zwykłych silników elektrycznych prądu stałego do napięcia 110 i 220 V (przy dużej liczbie obrotów do 500 V) podane są w tablicy łącznie z szynami i przyrządami rozruchowymi. Dla każdej mocy podane są dwie ceny, zależnie od liczby obrotów osi na minutę; silniki obracające się wolniej są droższe.

n— liczba obrotów osi na minutę, E—moc w koniach mechanicznych, R—cena w rublach.

n	E	R
2200	od 0,01 do 0,16	od 19 do 50
2000—1500	„ 0,16 „ 0,5	„ 95 „ 100
1300—1800	0,75	170
700—1700	1	180— 220
650—1600	1,5	230— 340
800—1800	3	300— 450
750—1600	6	450— 700
650—1600	9	600— 850
400—1000	20	1000—1800
350—1000	35	1600—2750
300—1000	50	2000—4000
275—1000	60	2400—4900
250— 850	75	3000—5500
250— 700	100	3300—7600
200— 700	125	4500—9000
200— 700	150	4800—9000



Cena silników elektrycznych jednofazowych z urządzeniem do naciągania pasa i z przyrządem rozruchowym wynosi:

Moc w koniach mechanicznych.	Cena w rublach.
0,05—0,5	80—150
1—3	200—400

Silniki prądu zmiennego z kolektorem repulsyjne, wraz ze wszystkimi dodatkami kosztują:

Moc w koniach mechanicznych.	Cena w rublach.
0,1—0,5	90—200
1—3	280—450

Ceny silników trójfazowych podają tu z urządzeniem do naciągania pasa i śrubami fundamentowymi, a przy silnikach z pierścieniami—z opornikiem do puszczenia w ruch i przyrządem do odstawiania szczepek.

Dla każdej mocy i każdego rodzaju silnika są tu podane dwie ceny, pomiędzy którymi zawierają się ceny wszystkich silników tej mocy dla napięć od 120 do 3000 V przy liczbie obrotów od 1500 do 500; cena wzrasta głównie ze zmniejszeniem się liczby obrotów i trochę ze wzrostem napięcia; niektóre wyjątki od powyższych uwag wskazane są w tablicy.

e — napięcie na końcówkach, n — liczba obrotów osi na minutę, E — moc w koniach mechanicznych, R<sub>k</sub> — cena

silnika z rotorem krótko spiętym,  $R_p$  — cena silnika z rotorem zaopatrzonym w pierścienie.

e	n	E	$R_k$	$R_p$
120—210V	2800—920	0,25—0,5	55— 110	—
120—500 „	2800—940	1—4	120— 260	160— 390
do 500 „	1500—600	5	280— 480	500— 700
„ 1000 „	1500—500	10	370— 900	600—1300
„ 2000 „	„	20	600—1500	1000—2000
„ 3000 „	„	30	800—2000	1200—2700
„ „ „	„	40	900— 2400	1500—3200
„ „ „	„	50	1000—2700	1600—3500
„ „ „	„	60	1200—3000	1800—3800
„ „ „	„	75	1400 2400	2000—3100

Dla niewielkich motorów, krótko spiętych, przełącznik rozruchowy z gwiazdy na trójkąt do 250 V kosztuje: przy 6A — 22 rb., a przy 25A — 50 rb. Do 500 V dla 15 A. także 50 rubli.

### 13. Koszt ustawienia.

W wielu powyższych cenach koszty ustawienia nie są uwzględnione. W tych wypadkach można posiłkować się następującymi praktycznymi danymi:

Koszt ustawienia silników cieplikowych, pomp i t. p. wynosi od 5 do 12% ceny tych maszyn.

Koszt ustawienia dynamomaszyn i silników elektrycznych wynosi od 2 do 5% ceny maszyn.

Poprowadzenie przewodników, zawieszanie lamp i t. p. kosztuje od 15 do 25% ceny materiałów.

#### 14. Roboty dodatkowe.

Nie należy też pomijać w kosztorysach robót dodatkowych przy urządzeniach oświetlenia i przenoszenia pracy mechanicznej, a mianowicie drobnych robót ziemnych, mularskich i stolarskich; koszt tych robót wynosi zwykle od 5 do 8% ogólnej sumy kosztorysu.

---



## ROZDZIAŁ IX.

### Obliczenie kosztów prowadzenia urządzenia oświetlenia elektrycznego i przenoszenia siły.

Koszty prowadzenia składają się z następujących zasadniczych pozycji: oprocentowania kapitału wyłożonego na urządzenie, amortyzacji i wydatków na naprawy, paliwo, wodę, smar i czyściwo, na wymianę lampek żarowych, węgle do lamp łukowych, wodę, kwas do akumulatorów i na obsługę.

1. *Oprocentowanie kapitału* zależy od warunków, w jakich zbudowano rozważane urządzenie i z jakiego kapitału; dla właściwego wybrania stopy procentowej konieczną jest znajomość stosunków handlowych danej miejscowości w danym czasie.

2. *Amortyzacja*, określa się zwykle podług liczby lat, w ciągu których pewna część urządzenia traci całkiem swoją wartość pierwotną, nie bacząc na naprawy. Praktyka podaje następującą liczbę lat, po upływie których dana część urządzenia traci swoją pierwotną wartość: \*)

Budynki, chłodnie, kominy—50 lat.

Pędnie, żelazne słupy, kable, transformatory—25 lat.

Dynamomaszyny i silniki elektryczne, maszyny parowe, turbiny parowe, turbiny wodne, pompy, przewody rurowe—20 lat.

Słupy drewniane nasycane, kotły parowe 15 lat.

Przewodniki napowietrzne gołe, urządzenia rozdzielcze przyrządy miernicze—10 lat.

Akumulatory ołowiane—7 lat.

Słupy drewniane nie przesycane—5 lat.

W procentach od wyłożonego na budowę kapitału amortyzacja wyraża się rozmaicie, zależnie od tego, jak wysoko policzymy dochody od składanego kapitału amortyzacyjnego.

---

\*) Dla naszych obliczeń przyjmujemy, że traci tą wartość całkowicie.

Liczba lat amoryzacyi.	Procenty na amortyzacyę od kapitału wydanego na budowę, zależnie od oprocentowania kapitału amortyzacyjnego.				
	1°/o	3°/o	3,5°/o	4°/o	5°/o
50	1,6	0,9	0,8	0,7	0,5
25	3,6	2,7	2,6	2,4	2,1
20	4,5	3,7	3,5	3,4	3,0
15	6,2	5,4	5,2	5,0	4,6
10	9,6	8,7	8,5	8,3	7,9
7	13,9	13,1	12,9	12,7	12,3
5	19,6	18,8	18,6	18,5	18,1

### 3. Wydatki na naprawy.

Wydatki na naprawy w ciągu roku można obliczyć podług kapitału zużytego na budowę, licząc rozmaite odsetki stosownie do różnych części urządzenia:

4°/o — przewodniki napowietrzne.

2°/o — kotły, maszyny parowe, silniki spalinowe, urządzenia rozdzielcze i słupy.

1,5°/o — dynamomaszyny, silniki elektryczne, transformatory, turbiny, przewodniki wewnętrzne.

1°/o — budynki, kable, słupy żelazne.

### 4. Opał do silników parowych.

Opał do silników parowych, zużywany w ciągu roku obliczamy w następujący sposób. Określamy przedewszystkiem ilość koniogodzin wytworzonych przez silnik parowy w ciągu roku. Mając tę liczbę, obliczamy zużycie opału po-

dług danych, które podają dalej, przyjmując, że silnik cały czas pracuje przy obciążeniu normalnym.

Następnie dzielimy całą liczbę koniogodzin, wytworzonych przez silnik parowy w ciągu roku, przez normalną moc silnika i odejmujemy otrzymaną liczbę od rzeczywistej liczby godzin biegu silnika parowego; dla tej różnicy obliczamy zużycie paliwa w przypuszczeniu, że silnik szedł w ciągu tego czasu bez obciążenia i zużywał od 15 do 25% ilości paliwa, zużywanego przy biegu normalnym. Dalej określamy paliwo na rozpałkę i podgrzewanie kotła.

Ta część paliwa określa się na podstawie następującego praktycznego prawidła. Jeżeli kocioł jest nieczynny t godzin, to do podgrzania jego zużywa się tyle paliwa, ile go wychodzi przy pracy normalnej w ciągu liczby godzin równej  $V_{0,1t}$ .

Jeżeli kocioł ostygł zupełnie, to na rozpałkę i ogrzanie do normalnej temperatury potrzeba tyle paliwa, ile zużywa się przy normalnym obciążeniu w ciągu 3 do 4-ch godzin. Wszystkie trzy ilości paliwa, obliczone według powyższych danych, dodaje się wreszcie do siebie:

Zużycie węgla dla silników parowych na jednego konia rzeczywistego w ciągu godziny, przy biegu normalnym, wynosi: (węgiel na odparowanie 7—8<sup>1</sup>/<sub>2</sub> krotne):

Silniki jednocyldrowe bez skraplania:

do 20 k. m.	4,8 — 3 kg.
„ 100 „ „	3,0 — 2 „

Silniki sprężone bez skraplania:

do 100 k. m.	1,9 — 1,7 kg.
„ 250 „ „	1,7 — 1,6 „
„ 500 „ „	1,6 — 1,5 „

Silniki jednocyldrowe ze skraplaniem:

do 50 k. m.	2,5 — 1,8 kg.
„ 100 „ „	1,8 — 1,6 „
„ 200 „ „	1,6 — 1,4 „

Silniki sprężone ze skraplaniem:

do 100 k. m.	1,5 — 1,3 kg.
„ 250 „ „	1,3 — 1,1 „
„ 500 „ „	1,1 — 1,0 „

Przy parze przegrzanej oszczędność na węglu wynosi od 10 do 30%.

Turbiny parowe bez skraplania zużywają:

przy mocy od 5 k. m. do 50 k. m.	. . .	od 4 do 2 kg.
„ „ od 50 k. m. do 200 k. m.	. . .	od 2 do 1,85 kg.



Przy dobrem skraplaniu zużycie zmniejsza się o 20 do 30%.

Dla turbin ze skraplaniem i przegrzaną parą na kilowatgodzinę pracy otrzymanej z dynamomaszyny wypada:

przy 200 KW.	1,7 kg.
„ 300 „	1,6 „
„ 400 „	1,4 „
„ 500 „	1,4 „

Z praktyki w Mińsku mamy dane co do zużycia drzewa do opału kotłów; na 1 kilowatgodzinę wypada 5 kg. olchy i 4,45 kg. osiny.

### 5. Opał do silników gazu ssanego.

Opał zużywany w ciągu roku obliczyć można wogóle tą samą drogą, jak dla silników parowych, przyjmując tylko pod uwagę zużycie opału na postój gazowni bez pracy. Mianowicie można liczyć, że wtedy zużywa się 20% tego opału, który zużyłby się przy normalnej pracy gazowni w ciągu całego czasu jej postoju.

Co do zużycia paliwa na rozpałkę to brak danych praktycznych; należy przypuszczać, że zużywa się tu mniej niż przy maszynie parowej.

Zużycie antracytu na konia rzeczywistego w ciągu godziny wynosi przy normalnem obciążeniu, zależnie od wielkości silnika: 0,6—0,45 kg., a bez obciążenia na konia nominalnego w ciągu godziny wypada: 0,033 — 0,022 kg.

Zużycie koksu przy tych samych warunkach wynosi przy normalnem obciążeniu: 0,7 — 0,5 kg., a przy biegu bez obciążenia: 0,033 — 0,027 kg.

### 6. Opał do silników, pracujących gazem świetlnym.

Zużycie gazu można obliczyć, uwzględniając bieg przy zmniejszonym obciążeniu, podobnie jak w silniku parowym, licząc na konia w ciągu godziny: przy normalnem obciążeniu od 500 do 450 litrów i przy biegu bez obciążenia od 130 do 160 litrów.

W Warszawie w małych elektrowniach wychodziło gazu 1m<sup>3</sup> na 1 kilowatgodzinę.

### 7. Opał do silników z paliwem ciekłym.

Opał oblicza się podobnie jak dla silników parowych;

w czasie postoju, paliwo całkiem się tu nie zużywa, natomiast należy doliczyć kilka procent na nieuniknione straty paliwa przy przelewaniu i t. p.

W tablicy podaję zużycie paliwa przy obciążeniu normalnem i bez obciążenia dla silników od 5 — 50 k. m. (mniejsze zużycie przy większej mocy i większe przy mniejszej). Przy normalnem obciążeniu zużycie podane jest w kg. na konia i godzinę, a przy biegu bez obciążenia również w kg. w ciągu godziny na jednego konia normalnej mocy silnika.

Paliwo.		Obciążenie normalne.	Bieg bez obciążenia.
Ropa naftowa	silnik dwutaktowy.	0,51 — 0,35	0,18
	silnik czterotaktowy.	0,41 — 0,31	0,18
Spirytus.		0,5 — 0,4	0,2
Benzyna.		0,35 — 0,33	0,11
Nafta (30° zap.).		0,45 — 0,4	0,18

### 8. Woda i smar.

Wody kondensacyjnej przy silnikach parowych zużywa się na 1 kg. pary od 15 do 30 kg. przy wtryskiwaniu, a 50 kg. przy kondensatorach powierzchniowych.

Wody do chłodzenia cylindrów silników spalinowych zużywa się od 30 do 45 kg. na koniogodzinę.

Zużycie smarów do silników parowych wynosi od 0,6 do 2 gr. na koniogodzinę, a do silników spalinowych na koniogodzinę: przy mocy od 1 — 10 k. m. 50 — 18 gr.  
 „ „ „ 12 — 50 k. m. 10 — 8 gr.  
 „ „ „ powyżej 50 k. m. 8 gr.

Przy turbinach parowych zużycie smaru jest znacznie mniejszem, niż przy maszynach parowych.

## 9. Ceny opału i smaru.

Węgiel kamienny . . . . .	10 r.	tonna.
Koks . . . . .	15,28 r.	"
Antracyt. . . . .	18,35 r.	"
Nafta . . . . .	9,77 k.	za 1 kg.
Benzyna . . . . .	14,6 k.	" — "
Spirytus . . . . .	16,0 k.	" — "
Ropa naftowa . . . . .	4,3—4,9	za 1 kg.
Gaz świetlny do silników. . . . .	5,6 k.	za 1 m <sup>3</sup> .
Drzewo do palenia: *)		
1 sążień olchy (270 kg.)	21 r. 75 k.	
1 sążień osiny (220 kg.)	16 r. 50 k.	
Oliwa maszynowa. . . . .	36,6.	za 1 kg.

## 10. Woda i kwas do akumulatorów.

Zużycie kwasu można liczyć od 1 do 10 balonów na rok, a wody dystylowanej od 20 do 200 balonów na rok, przy pojemności baterii od 100 do 600 amperogodzin. Cena kwasu 5 r. za balon, a wody destylowanej 50 k.

## 11. Lampki żarowe.

Zużycie lampek żarowych można obliczać dla lampek węglowych według następującej tablicy, wskazującej liczbę godzin palenia się lampki aż do zmniejszenia się natężenia światła o 20% i o 50%.

Zużycie watów na świecę:	2 — 2,5 — 3 — 3,5 — 4
Zmniejszenie się światła o 20%	100—150—300—450—600
o 50%	170—270—675—1300 —
Lampka przepala się po	300—360—700—1370 g.

Lampy metalowe są wogóle bardzo nierównej fabrykacyi; obecnie można rachować, że lampka przeciętnie pali się do zerwania się nitki około 800 godzin.

Cena lampek węglowych dla napięć do 140V wynosi 30 kop za sztukę, a do 250V—40 k. za sztukę, przy natężeniu światła 16,25 i 32 świec.

\*) w Mińsku gubernialnym przed kilku laty.



Cena lampek metalowych zależy od napięcia i natężenia światła. W tablicy podana jest cena w kopiejkach za jedną lampkę.

Napięcie w voltach.	Natężenie światła w świecach Hefnera.							
	16 i 25	35 i 50	75	100	150	200	300	400
65—140	95	95	120	185	300	390	560	700
140—250	140	140	120	185	300	390	560	700

## 12. Węgle do lamp lukowych.

Dla umożliwienia obliczenia zużycia węgla podaję tu w następującej tablicy średnicę zwykle używanych węgla i czas spalania się takich węgla, w zależności od ich długości.

Rodzaj lamp.	Ampery.	Średnica górnego węgla w mm.	Średnica dolnego węgla w mm.	Długość górnego węgla w mm.	Czas spalania się tego węgla w godzi- nach.
1. Lampy zwykle prądu stałego.	6	14	9	165	10
	8	16	10	200	10
	12	18	13	250	13
	20	22	15	300	17
2. Lampy płomienne prądu stałego.	6	8	7	325	6
	8	9	8	400	10
	10—12	10	9	600	16
3. Lampy prądu stałego z utrudnionym dostępem powietrza, oszczędne.	3—5	5—6	5—6	270	18—24
	6—8	7—9	7—9	360	19—32
4. Zwykle lampy prądu zmiennego.	8	10	11	200	9
	12	13	14	250	12
	18	16	18	300	15
5. Lampy płomienne prądu zmiennego.	6	6	6	300	6
	8	7	7	400	8
	10	8	8	500	10
	12	9	9	600	16

W lampach 1, 2, 4 i 5 węgle górny i dolny są jednakowej długości i spalają się one w jednakowym czasie. W lampach № 3 dolny węgiel jest krótszy, ale nie należy go brać pod uwagę, ponieważ u dołu wstawia się resztkę węgla górnego.

Ceny węgla dla powyższych rodzajów lamp podaję tu w następującem zestawieniu:

Rodzaj lamp.	Ampery	Cena za 100 par w rublach.
Lampy zwykłe prądu stałego (dług. węgla od 165 do 300 mm).	6	6—11
	8	7—14
	12	10—18
	20	14—26
Lampy płomienne prądu stałego (dług. węgla od 325 do 600 mm).	6	12—21
	8	14—26
	10—12	17—31

Rodzaj węgla.	Średnica węgla w mm.	Cena za 100 m. dług. węgla w rublach.
Węgle nienasycone z knotem.	5—7	8
	9	12
	11	17
	13	22
	14	24
	16	32
	18	41
Węgle nasycone (rozmaitej barwy).	6	16
	7	16
	8	20
	9	24

Węgle nienasycone z knotem stosują się do lamp zwykłych prądu zmiennego i do lamp oszczędnych prądu stałego, węgle zaś nasycone, podane na końcu — do lamp płomiennych prądu zmiennego.

### 13. Koszt obsługi elektrowni.

Przy bardzo małych urządzeniach oświetlenia elektrycznego i przenoszenia siły niema potrzeby trzymania specjalnego maszynisty, szczególnie przy użyciu silników spalinowych.

Dla elektrowni z silnikami parowymi do 20 koni wystarczy jeden maszynista.

Dla elektrowni z lokomobilą lub silnikiem spalinowym do 50 koni wystarczy również jeden maszynista. W elektrowniach większych potrzebny jest koniecznie oprócz maszynisty przynajmniej jeszcze palacz, a pozatem stosownie do warunków szczególnych może być potrzebny drugi maszynista, drugi palacz i elektrotechnik.

Wynagrodzenie roczne starszego maszynisty lub elektrotechnika wynosi zwykle około 1000 rb., zwykłego maszynisty około 600 rb., a palacza około 400 rb.

---

K O N I E C.



## Spis rzeczy alfabetyczny.

<p style="text-align: center;"><b>A.</b></p> <p>Akumulatory, wielkość bateryi. . . . . 35            „ zestawienie typów . . . . . 36            „ pokój dla nich . . . . . 63            „ ceny . . . . . 128            Amortyzacya . . . . . 140, 141</p> <p style="text-align: center;"><b>B.</b></p> <p>Bezpieczniki wybór . . . . . 119, 120            „ cena . . . . . 134, 135            Budowle wymiary 53, 57, 59, 60, 61, 62            „ koszt . . . . . 124</p> <p style="text-align: center;"><b>C.</b></p> <p>Ciężar przewodników . . . . . 77            Ciśnienie pary w kociach . . . . . 43, 53            „ wiatru . . . . . 112            Częstość zmian prądu . . . . . 6</p> <p style="text-align: center;"><b>D.</b></p> <p>Długość węgla . . . . . 19, 146, 147            „ palenia się lamp żarowych . . . . . 12, 13, 145            Długość palenia się jednej pary węgla w lampach lukowych . . . . . 146, 147            Domy, oświetlenie . . . . . 7, 8            Dźwigi . . . . . 27            Dynamomaszyny wybór . . . . . 35            „ dodatkowe . . . . . 37            „ napięcie, moc, liczba obrotów na minutę, wymiary . . . . . 38, 39, 40            Dynamomaszyny ceny . . . . . 127</p>	<p style="text-align: center;"><b>E.</b></p> <p>Elektrownia obciążenie . . . . . 31            „ plan . . . . . 50</p> <p style="text-align: center;"><b>F.</b></p> <p>Farady . . . . . 101            Fundamenty cena . . . . . 124            „ głębokość przy silnikach spalinowych zwykłych . . . . . 57            Fundamenty głębokość i objętość przy silnikach Diesela . . . . . 47</p> <p style="text-align: center;"><b>H.</b></p> <p>Henry . . . . . 101</p> <p style="text-align: center;"><b>I.</b></p> <p>Izolatory cena . . . . . 132            Izolacya przewodn. 107, 108, 109, 110</p> <p style="text-align: center;"><b>K.</b></p> <p>Kable: przekroje i obciążenie . . . . . 79            „ izolacya . . . . . 109, 110            „ pojemność . . . . . 102            „ układanie . . . . . 115            „ cena . . . . . 131, 132            Kontakty ściennie . . . . . 120            Kominy murowane . . . . . 54            „ żelazne . . . . . 55            Konstrukcyje żelazne ceny . . . . . 132            Kotły parowe . . . . . 43, 55, 53            Kociołnia . . . . . 51, 52, 53            Kvarcowe lampy . . . . . 19            Krzywa obciążenia elektrowni 34, 35</p> <p style="text-align: center;"><b>L.</b></p> <p>Lampy: żarowe . . . . . 12, 13, 14</p>
---	--



Przestrzeń zajmowana przez silniki spalinowe . . . . .	57, 59, 62
Przestrzeń zajmowana przez akumulatory . . . . .	36
Przestrzeń zajmowana przez transformatory . . . . .	73
Przewodniki długość . . . . .	80
„ przekrój na wytrzymałość . . . . .	76
„ na ogrzewanie się . . . . .	77
„ na spadek napięcia przy prądzie stałym . . . . .	80
„ przekrój na prąd zmien. . . . .	95
„ „ na stratę energii . . . . .	100
„ „ do lamp łukowych . . . . .	94
„ przekroje używane . . . . .	77
„ izolacja . . . . .	105, 108, 109, 110
„ samoindukcja i pojemność . . . . .	101, 102
Przewodniki, ceny . . . . .	129, 150
Przewietrzniki . . . . .	28
Przyrządy miernicze na tablicy . . . . .	64, 65, 66, 67, 70, 72

R.

Reperacje koszty . . . . .	141
Roboty dodatkowe koszty . . . . .	159
Rolki porcelanowe wielkość . . . . .	116
Rodzaj prądu . . . . .	3
Rozkład natężenia światła w rozmaitych kierunkach w lampach łukowych . . . . .	20
„ w lampach żarowych . . . . .	19
Rtęciowe lampy . . . . .	19
Rurki rodzaje . . . . .	116, 117, 118, 119
„ średnica . . . . .	117, 118
„ ceny . . . . .	133

S.

Sala maszyn . . . . .	55
Samoindukcja przewodników napowietrznych . . . . .	101
Silniki obracające dynamomaszynę wybór . . . . .	40, 41
„ ceny . . . . .	124, 125, 126
Silniki parowe . . . . .	44, 45, 46, 60, 61
„ spalinowe . . . . .	46, 47, 56, 57, 58, 59, 62
„ wodne . . . . .	48
„ wietrzne . . . . .	49
„ elektryczne: napięcie, liczba obrotów na minutę i ceny . . . . .	136, 137, 138

Silniki elektryczne, wybór odpowiedniego typu . . . . .	24, 25
Silniki do dźwigów i podnośników . . . . .	26
„ „ pomp . . . . .	28
„ „ przewietrzników . . . . .	28, 29
„ „ warsztatów mechanicznych . . . . .	30
Sieć . . . . .	74
Siła prądu lamp łukowych . . . . .	15, 16, 17, 18
„ „ akumulatorów . . . . .	36
Stopy wymiary . . . . .	111, 112, 113
„ ceny . . . . .	132
Smar zużycie . . . . .	144
„ cena . . . . .	145
Spadek napięcia w sieci rozdzielczej . . . . .	80, 95
Spadek napięcia w przewodnikach zasilających . . . . .	94
Spadek nap. w linii do silników . . . . .	94
Spółczynnik obciążenia elektrowni . . . . .	33
„ „ mocy prądu w silnikach elektrycznych prądu zmiennego . . . . .	54
Spółczyn. sprawn. dynamomaszyn . . . . .	42
„ „ silników elektr. . . . .	32
„ „ transformatorów . . . . .	33
„ „ rozmaitych napięć i pędni . . . . .	30
Spółczyn. sprawn. podnośników . . . . .	26
„ „ dźwigów . . . . .	27
„ „ pomp . . . . .	28
„ „ silników wodnych . . . . .	48
Strata energii w przewodn. . . . .	32, 100
Strzałki zwisania drutów największe . . . . .	112
Szyny za tablicą wymiary . . . . .	70

T.

Tablice rozdziel. budowa od 63 do 71 . . . . .	71
„ „ ceny . . . . .	129
Tabliczki wtórne budowa . . . . .	121
„ „ „ ceny . . . . .	134, 135, 136
Tantalowe lampy . . . . .	13
Turbiny wodne . . . . .	48
„ parowe . . . . .	44
Transformatory wybór . . . . .	6, 73
„ „ wymiary . . . . .	73
„ „ napięcie . . . . .	6, 73
„ „ ceny . . . . .	128

U.

Ulice oświetlenie . . . . .	9, 14, 23
Układy połączeń w elektrowni . . . . .	64, 65, 66, 67



Ustawianie koszty . . . . .	138
Uziemienie . . . . .	71, 72

W.

Warsztaty mechaniczne, wybór silników . . . . .	30
Węgle do lamp łukowych zużycie i cena . . . . .	146, 147
Wielkość oświetlenia . . . . .	8, 9
Woda do chłodzenia zużycie . . . . .	144
„ „ akumulatorów „ . . . . .	145
Wolframowe lampy . . . . .	13
Wybór lamp żarowych . . . . .	14
„ „ łukowych od 19 do 23	
„ silników elektrycznych 24, 25	
Wyłączniki wybór . . . . .	119, 120, 121
„ cena . . . . .	135

Z.

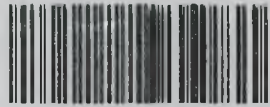
Zużycie prądu w lampach żarowych . . . . .	12, 13
„ prądu w lampach łukowych . . . . .	15, 16, 17, 18
„ prądu w silnikach elektrycznych . . . . .	31, 32
„ mocy przez rozmaite maszyny pomocnicze od 26 do 30	
„ pary w maszynach parowych . . . . .	44, 45
„ w turbinach parowych . . . . .	46
„ węgla w maszynach parowych . . . . .	141, 142
„ paliwa w silnikach spalinowych . . . . .	143, 144



BIBLIOTEKA GŁÓWNA  
Politechniki Warszawskiej

1894

Biblioteka Wydz. Chemicznego



40300000023639

—|| ▣ ||—  
**Cena Rb. 1.**  
—|| ▣ ||—